



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

Eduard Paulson

**TEHNOLOOGILISTE OPERATSIOONIDE TOOTLIKKUSE
ANALÜÜS PUIDUTÖÖSTUSETTEVÖTTES NELTA TRADE
OÜ**

**TECHNOLOGICAL OPERATIONS PRODUCTIVITY
ANALYSIS IN WOODWORKING COMPANY NELTA TRADE
OÜ**

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö

Puidutöötlemise tehnoloogia õppekava

Juhendaja: teadur Linnar Pärn, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		lühikokkuvõte	
Autor: Eduard Paulson		Õppekava: Puidutöötlemise tehnoloogia	
Pealkiri: „Tehnoloogiliste operatsioonide tootlikkuse analüüs puidutööstusettevõttes Nelta Trade OÜ“			
Lehekülgi: 77	Jooniseid: 53	Tabeleid: 22	Lisasid: 1
Osakond / Õppetool:		Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		T460	
Juhendaja:		Linnar Pärn, <i>MSc</i>	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2021	
<p>Käesoleva rakenduskõrgharidusõppe lõputöö eesmärgiks oli uurida tehnoloogiliste operatsioonide tootlikkust puidutööstusettevõttes Nelta Trade OÜ. Vaatluse alla võeti raamsaekaater, lintsaekaater, servamissaag, kaks nelikanthöövli ja järkamissaag. Tehnoloogiliste operatsioonide ühe vahetuse tootlikkused leiti operatsioone kronometreerides, erialakirjanduse valemit kasutades ja varasemat dokumentatsiooni analüüsides. Tehnoloogiliste operatsioonide uurimiseks kasutati vastavalt olemasolevatele andmetele erinevaid meetodikaid. Saadud tulemuste põhjal selgitas autor välja, millised operatsioonid on kõige ajakulukamad ja andis enda soovitusel, kuidas tootmist kiirendada.</p> <p>Analüüsi tulemusel selgus, et ettevõttes kasutatava raamsaekaatri tootlikkuseks ühes vahetuses on keskmiselt 144 planku (780 jm) ja palkide maht 17,720 m³. Lintsaekaatri vahetuse keskmiseks tootlikkuseks on 129 planku (696 jm), mahuliselt on 18,815 m³ kuusepalki. Servamissaaga lahatakse ühes vahetuses 576 planku (3110 jm) ning sellest kogusest saadakse keskmiselt 8 kuivatipakki (31,7 m³). Nelikanthöövli +GF+ Brugg ühe vahetuse tootlikkus 5,4 m pikkuse materjaliga on 800 tk (4320 jm) ja Gubisch 170 BS 170/6 ühe vahetuse tootlikkus on 1184 tk (6393,6 jm). Järkamissae ühe vahetuse tootlikkuseks on 476 järkamise operatsiooni. Nende tulemuste analüüsi tulemusel on kõige ajakulukamaks tehnoloogiliseks operatsiooniks palkide lahkamine saekaatritega.</p>			
Märksõnad: Nelta Trade OÜ, seadmed, dokumentatsioon, saekaatrid, tootlikkus			

Estonian University of Life Sciences		Abstarct of Professional Higer Education Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Eduard Paulson		Curriculum: Wood Processing Technology	
Title: „Technological operations productivity analysis in woodworking company Nelta Trade OÜ“			
Pages: 77	Figures: 53	Tables: 22	Appendixes: 1
Department / Chair:		Chair of Forest Management Planning and Wood Processing Technologies	
Field of research and (CERC S) code:		T460	
Supervisor:		Linnar Pärn, <i>MSc</i>	
Place and date:		Tartu, 2021	
<p>The purpose of this applied higher education dissertation was to study the productivity of technological operations in the woodworking company Nelta Trade Ltd. The tools observed were frame sawmill, band sawmill, edging saw, two moulders and a crosscut saw machine. The productivity of the technological operations of one shift were found by stopwatch time study, using a formula from professional literature and by analyzing previous documentation. Based on the results obtained the author ascertained which operations are the most time consuming and gave his suggestions on how to speed up production.</p> <p>The analysis revealed that the frame sawmill used in the company has an average productivity of 144 planks (780 m) per shift and a log volume of 17,720 m³. The band sawmill has an average productivity of 129 planks (696 m) per shift and a volume of 18,815 m³ spruce logs. The edging saw’s average production per shift is 576 planks (3110 m) which on average translates into 8 dryer packs (31,7 m³). The moulder +GF+ Brugg has an average productivity of 800 pc (4320 m) per shift with material length of 5,4 m and the Gubisch 170 BS 170/6 has an average productivity of 1184 pc (6393,6 m) per shift. The crosscut saw machine has a productivity of 476 crosscutting operations per shift. By analyzing these results the most time consuming technological operation is cutting the logs to size with the sawmills.</p>			
Keywords: Nelta Trade Ltd, equipment, documentation, sawmills, productivity			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1.KIRJANDUSE ANALÜÜS	8
1.1. Kasutatav toormaterjal.....	8
1.2. Tootmisprotsess	9
1.2.1. Üldandmed	9
1.2.2. Tehnoloogiline protsess ja operatsioonid	9
1.2.3. Mehhaniseeritus.....	10
1.2.4. Kuivatamine	10
1.3. Vaadeldavad seadmed	11
1.3.1. Saekaater.....	11
1.3.2. Lintsaekaater.....	14
1.3.3. Ketassaekaater ja seimer.....	15
1.3.4. Nelikanthöövel	16
1.3.5. Järkamissaag.....	16
2. NELTA TRADE OÜ	17
2.1. Ülevaade	17
2.2. Kasutatav toore ja selle ladustamine	18
2.2.1. Kasutatav toore	18
2.2.2. Toorme ladustamine	19
2.3. Tehnoloogiliste operatsioonide järjekord	19
2.4. Kasutatava tehnoloogia kirjeldus.....	20
2.4.1. Raamsaekaater	20
2.4.2. Lintsaekaater.....	26
2.4.3. Seimer.....	29
2.4.4. Kuivati	33
2.4.5. Nelikanthöövlid	38
2.4.6. Järkamissaag.....	41
3. METOODIKA	44
3.1. Raamsaekaatri ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel.....	45
3.2. Lintsaekaater.....	47
3.2.1. Lintsaekaatri mõõtmised	47

3.2.2. Lintsaekaatri ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel.....	53
3.3. Servamismasin.....	55
3.3.1 Servamismasina mõõtmised	55
3.3.2 Servamismasina ühe vahetuse arvutatud tootlikkus	60
3.3.3. Servamismasina ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel	61
3.4. Nelikanthöövlite tootlikkus	61
3.4.1 Gubisch 170 BS 170/6.....	61
3.4.2 +GF+ Brugg.....	62
3.5. Järkamissaag	63
3.5.1 Järkamissae mõõtmised	63
3.5.2 Järkamissae ühe vahetuse arvutatud tootlikkus	68
4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	69
4.1. Vaatlusperioodi keskmine	69
4.2. Ettepanekud	71
KOKKUVÕTE	73
KASUTATUD KIRJANDUS	75
LISAD	77
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	77

SISSEJUHATUS

Eestis on üheks väga suureks kauba ekspordiartikliks puidupõhised tooted. Eestist eksporditakse neid tooteid kolm korda rohkem, kui imporditakse. Seetõttu aitavad puidupõhised tooted kaasa väliskaubanduse bilansi tasakaalustamisele. Puittoodetest eksporditakse väga suurel mahul kõrgema lisandväärtusega tooteid, nende alla kuulub ka saematerjal. Maapiirkondades on väga oluliseks tööandjaks puidutööstus, suurima hõivatuse osakaalu moodustab see sektor Võrumaal, Jõgevamaal, Valgamaal ja Põlvamaal (Eesti Metsa- ja...2020).

Tänapäeval on Eestis puidutöötlemisega tegelevad ettevõtted suures osas tehnoloogiliselt väga arenenud ja kuuluvad Baltikumi parimate hulka, kuid jäävad alla Skandinaavia riikidele. Samas on Eestis ka väga palju väiksemaid ja tehnoloogiliselt vähem arenenud puidutööstusettevõtteid (Eesti metsa ja... 2012). Väiksemate ja vähem arenenute hulka kuulub ka Nelta Trade OÜ. Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse määratluse alusel kuulub Nelta Trade OÜ väikeettevõtte alla. Määramine toimub töötajate arvu, aasta käibe ja aasta bilansimahu alusel (Ettevõtluse Arendamise... 2015). Selleks, et oleks võimalik rohkem ja efektiivsemalt toota on Nelta Trade OÜ-l plaanis teostada tehnoloogiline innovatsioon. Kuna ettevõttel on investeeringuks piiratud hulk rahalisi vahendeid, tuleb teha õige otsus, millisest uuendusest alustada. Otsuse tegemiseks on vajalik saada informatsiooni tehnoloogiliste operatsioonide ajakulude kohta.

Käesoleva rakenduskõrgharidusõppe lõputöö eesmärk on puidutööstusettevõttes Nelta Trade OÜ vaadelda tehnoloogilisi operatsioone, kirjeldada nende operatsioonide erinevaid etappe ning välja selgitada tehnoloogiliste operatsioonide tootlikkus. Ettevõtte tootmisjuhil on suures osas operatsioonide ajakulu enamvähem teada, kuid täpsustavaid mõõtmisi pole teostatud. Tootmisjuhi sõnul on kõige suuremaks ajakuluks palkide lahkamine saekaatritega. Täpsemate ajaliste mõõtmiste tulemusel on võimalik aru saada, millised tehnoloogilised

operatsioonid on kõige ajakulukamad ja väiksema tootlikkusega. Kronomeetriline mõõtmine on kasuks Nelta Trade OÜ-le, kuid sellest võib olla abi ka alustavatele väikeettevõtetele, kes hakkavad kasutama sarnast puidutöötlemise tehnoloogiat. Ettevõttes on vajalik teada erinevate protsesside ajakulu tootmismahude planeerimiseks ning tootmise juhtimiseks. Peale analüüside tegemist kirjeldas autor enda soovitusel ja tegi ettepanekud ettevõtte tehnoloogiliseks parendamiseks.

Töö autor tänab juhendajat Linnar Pärna lõputöö juhendamise eest ja Nelta Trade OÜ tootmisjuhti Manivald Paulsoni, kes võimaldas kasutada tootmises täidetavaid dokumente ning andis soovitusi, kuidas ja mida võiks täpsemalt uurida.

1.KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1. Kasutatav toormaterjal

Puidutööstusettevõtted saavad toorme, kas ise metsa kokku ostes ja seda raiudes või ostavad vajaliku toorme teistelt ettevõtetelt. Tooret ostes panevad saetööstusettevõtted paika ka kvaliteedinõuded. (Pikk 1998). Tööstustes kasutatakse saematerjali tootmiseks peamiselt kuuske ja mändi (Relve 2007). Kuusel on männipuidust väiksem vaigusisaldus ning selle töötlemine on lihtsam. Kuusk on värskelt raiutuna vähem tundlik kahjustustele, nt sinetus- ja hallitusseentele. Kuusel võib olla moodustunud tüves ränipuit, sellise toorme puhul on väljatuleku protsent tavapärasest väiksem (Saarman, Veibri 2006). Ettevõttest 100-150 kilomeetrit on raadius, kui kaugelt saeveskid on toorme peamiselt hangivad, Lõuna-Eesti piirkonnas hangitakse oma toore ka lõunapoolsest naabrist Lätist. Ettevõtted ostavad hõõveldamiseks materjali põhiliselt Eesti saeveskitelt, kuid teatud kvaliteedi ja mõõtude saamiseks tuleb osta saematerjali ka teistest kohtadest, nt Venemaalt. Saeveskite palgivajaduse täidab 30-50 % RMK, kahjuks Eesti erametsade omanikkude vähene metsade majandamine ei täida ära ülejäänud saeveskite toorme vajadust ning seetõttu jääb saeveskitel tooret puudu. Eriti suur toorme puudus algab sügisel ning puidutööstusettevõtted alustavad hinnasõna, et saada mõnigi palgikoorem tootmisesse. Saeveskid pakuvad metsavarujatele ka boonussüsteeme, mille korral metsavaruja saab teatud aastase tagatud mahu korral suurema tasu. Metsamaad hakkavad kokku ostma ka suuremad saeveskid, et toorme puuduse korral saaks ettevõtet palgiga varustada (Eesti metsa- ja...2013).

1.2. Tootmisprotsess

1.2.1. Üldandmed

Iga puidust eseme valmistamiseks on vaja tooret, materjali ja seadmeid. Tootmisprotsess saab alguse lõpptoodangu jaoks kõige vajaliku varumisega ning lõppeb toodangu valmimisega. Tootmisprotsess on protsesside kogum, mille tulemiks on valmistoodang, see haarab endas materjali otsest muutmist, kui ka tegevusi, mis ei loo otseselt lisandväärtust. (Pikk 1998)

1.2.2. Tehnoloogiline protsess ja operatsioonid

Tootmisprotsessi põhiosaks on tehnoloogiline protsess, mis on otseselt seotud lõpptoodangu valmistamisega seotud materjali kuju, kvaliteedi ja mõõtmete muutmisega. Tehnoloogiline protsess koosneb staadiumitest, mis on operatsioonide kompleks. Tehnoloogiline operatsioon toimub kindlas töökohas, selleks ettenähtud töötaja(te)ga ning kindlate seadme(te)ga, nt pikikiudu lahtisaagimine. Operatsioon sisaldab kõiki tegevusi seadmel, materjali asetamine, kinnitamine, töötlemine jne. Tehnoloogilised operatsioonid jagunevad läbivoperatsioonideks ja positsiooni operatsioonideks. Läbivoperatsioonid on tsüklilised või läbiv-tsüklilised, kus materjal liigub pingil ühest otsast teise, selliseks operatsiooniks on nt nelikanthöövliga hõõveldamine. Positsioon operatsiooni korral kinnitatakse detail pingis ning töötlemisprotsessis liigub lõikeinstrument, selliselt opereeritakse nt puurpingiga. Rakestamiseks nimetatakse detaili ühekordset kinnistamist, kui aga detaili peab ümber pöörama ja sama tegevust kordama ka teise poolega, siis nimetatakse seda siirdeks. (Pikk 1998)

Tootmistsükkel on aeg, mis algab tooraine saabumisega ja lõppeb valmistoodangu väljumisega. Aeg, mis kulub ainult töötlemiseks, nimetatakse tehnoloogiliseks tsükliks (Pikk 1998).

1.2.3. Mehhaniseeritus

Protsessid võivad olla masinateta ehk käsitsi tehnoloogiline, nt käsihöövliga hööveldamine. Juhtudel, kus kasutatakse masinaid, kuid inimene peab vahetult osa võtma tööprotsessist, nimetatakse mehhaniseeritud tööks. Energeetiline ja informatiivne on osad, millest koosneb mehhaniseeritud töö. Energeetilist osa saab mehhaniseerida, kuid informatiivset osa peab teostama inimene, sest selles osas on vaja juhtida, reguleerida ja omada kontrolli operatsiooni(de) üle. Kolmas protsess on automaatne, selles on informatiivsed ülesanded automaatseadmetel. Omakorda võib olla see protsess kas osaliselt automatiseeritud, kus informatiivset osa täidab automaatika vaid osaliselt. Teine võimalus on täisautomaatika, kus töötaja lülitab automaatika sisse-välja, seadistab ja kindlustab toimimise. (Pikk 1998)

1.2.4. Kuivatamine

Saematerjali erinevad kuivatused on: atmosfäärne kuivatus, tehiskuivatus, perioodiline madalatemperatuurne kamberkuivatus, pidev kamberkuivatus, kondensatsioonkuivatus, vaakumkuivatus, kõrgtemperatuurne kamberkuivatus, rotatsioonkuivatus ja vedelikkuiivatus (Reiska, Meier 2008).

Kamberkuivatitel on piirded, soojusseadmed, tsirkulatsiooniseadmed, protsessi kontrolli ja juhtimisseadmed. Kamberkuivateid võib liigitada piirete järgi ka statsionaarseteks ja monteeritavateks. Statsionaarsed ehitatakse kohapeal tavapärastest ehitusmaterjalidest, soojustatakse ning lisatakse tsirkulatsiooni- ja soojusseadmed. Monteeritavate kuivatite kõik detailid valmistatakse tehases ning saadetakse kuivati püstitamise asukohta (Reiska, Meier 2008).

Horisontaaltasapind ja vertikaaltasapind on kaks kuivatusaegnsi tsirkulatsiooniringi võimalust. Vertikaalpõiktsirkulatsiooniga kuivatid on eelistatumad, sest selliselt on kuivatus ühtlasem. Telgventilaatoritega saadakse tsirkulatsioon (Reiska, Meier 2008).

Kuivatite soojusvahetusaparaat ehk kalorifeer annab soojuskandjalt soojust kuivatusagensile ehk kuivatuskeskkonnale. Kalorifeerid jagunevad vee-, auru- ja elektrilisteks. Põhiliselt kasutatakse kalorifeerina veekalorifeere, aurukalorifeere kasutatakse kõrgete

kuivatustemperatuuride saamiseks ning elektrikalorifeere kasutatakse kõrge elektrihinna tõttu väga vähe. Plaatkalorifeerid ja ribitorukalorifeerid on konstruktsiooniliselt eristatud kalorifeerid ning põhiliselt kasutatakse plaatkalorifeere (Reiska, Meier 2008).

Traditsiooniliste kuivatite puhul on kuivatamise jälgimiseks viis kontrolletappi ja need jagunevad omakorda viieks alapunktiks. Esimeseks etapiks on kuivati kontrollimine. Selles etapis kontrollitakse kuivati tihedust, mõõteriistade töökorrasolekut, klapifunktsioone, kalorifeeri ja ventiilide korrasolekut ning kontrollitakse ka ventilaatoreid ja düüse. Teiseks etapiks on kuivatatava puidu kontrollimine. Selleks tuleb valida puuliigile ja mõõtmetele vastav kuivatusprogramm. Kontrollitakse puidu vead, niiskussisaldust ja niiskuse jaotus, kaetakse puidu otspinnad, virnastatakse korralikult ning valitakse prooviklotsid. Kolmandas etapis jälgitakse kuivatamist, see koosneb kuumutamisest, puit viiakse puidukiudude küllastuspunktini, seejärel kuivatatakse küllastuspunktist allapoole, ühtlustatakse puidu niiskus ning toimub lõplik kuivatamine. Neljandas etapis kontrollitakse kuivatamistulemust. Selles etapis mõõdetakse kuivatatud materjali keskmine niiskussisaldus ja selle jaotus, kontrollitakse sisepingete teket ning vaadatakse kuivatamisel tekkinud värvimuutusi ja defekte. Viimases etapis vaadatakse kuivatamisel tekkinud kulusid. Need kulud on: muutuvkulud, püsikulud, näited, käibe nullpunkt ja toodangu kasum. (Thomassen 1999)

1.3. Vaadeldavad seadmed

1.3.1. Saekaater

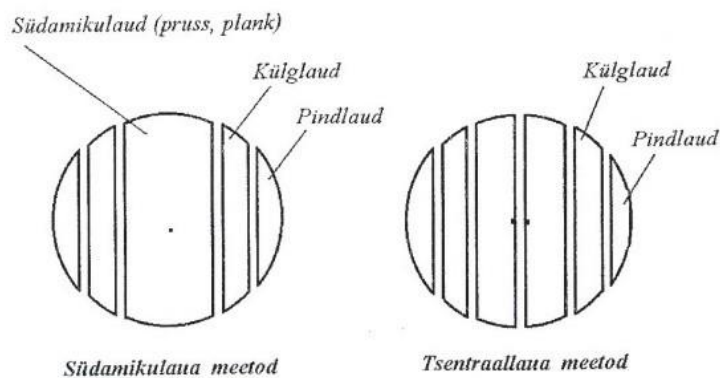
Saekaatriks saetakse palk pikikiudu soovitud paksusega materjaliks, lõikeaparaadiks on raam, mille sees on mitu üles-alla liikuvat saelehte. Saelehtede kaugus üksteisest on paigutatud vastavalt vajadusele. Saekaatritel on erinevad ülesanded ja need jaotatakse, kas kasti- ja tünnilaudade lõikuseks, lühimaterjali lõikuseks või laualõikuseks. Võimalik on lõigata ka prussideks. Saekaatrid võivad veel jaguneda, kõrguse järgi, ajami asukoha järgi, kepsude arvu järgi, etteande mehhanismi järgi ja etteande valtside arvu järgi. Saekaater koosneb erinevatest agregaatidest, nendeks on: 1) raam, 2) raamsaed, mis on kinnitatud raami, 3) vända-kepsu mehhanismist, mis paneb raami liikuma, 4) alumisest ja ülemisest rullikutest koosnev etteandemehhanism ja 5) palgivankrid. Vahemaa ülemise ja alumise traaversi vahel

on saeraami avaks. Kepsu ülemine osa kinnitud alumise traaversi külge ja kepsu alumine osa liigub väntvõlliga ringi. Liuglaagrid on ülemise ja alumise traaversi vahel ja need liiguvad korpuses spetsiaalsetes juhtsoontes. Saagide otstes on needitud liistud, nende külge käivad kinnitused, et saelehed saaks kinnitada ja pingutada raami külge. Saelehed paigutatakse vastavalt saekavale saagide gruppidesse, saelehtede vahele pannakse klotsid ning surutakse vindiga kokku. Saagide komplekt peab asetsema raami keskel, selleks valitakse äärtesse õige suurusega klotsid (Välja 1990). Raamsae saelehed on valmistatud legeerterasest, neile on/ ei ole peale joodetud plaadikesed. „*Vertikaalraamide saed on pikkusega 1100...1960 mm, laiusega 160...180 mm ja paksusega 1,6...3,2 mm*“ (Pikk 2001). Saelehe profiiliks on trapets, teritusnurk $\beta = 42^\circ$ ja esinurk $\gamma = 15^\circ$ (Pikk 2001). Saehammaste alla liikumisel toimub palgi lõikamine ning saehammaste liikumisel üles toimub palgi edasi liikumine. Selleks, et palgi edasi liikumisel saelehed ei puruneks, peavad olema saelehed asetatud ettepoole kaldu. Mööda relsse liikuvaid palgivankreid kasutatakse palkide etteandmiseks raami, tsentreerimiseks ja fikseerimiseks. Ühe vankriga kinnitatakse palk ja teist kasutatakse toetuseks. Palgi pööramiseks ja horisontaalseks liigutamiseks kasutatakse palgivankrit, mis asub palgi tagumises otsas ning ühtlasi sellega palk ka tsentreeritakse ja fikseeritakse. Palgivankreid peab olema võimalik kiiresti kinnitada palgi otsa külge. Vankrid peavad saagimise ajal võimaldada palgi liikumist üles-alla ning liikuma vajaliku kiirusega edasi ja tagasi. Raami taha on monteeritud juhtnuga, mis aitab vältida saeraamist väljatuleva materjali laialivajumist. Raami taha on paigutatud rulltee või vanker materjali vastuvõtmiseks (Välja 1990). Raamsaekaatriil on omad eelised ja puudused ning need on kirjeldatud tabelis 1.

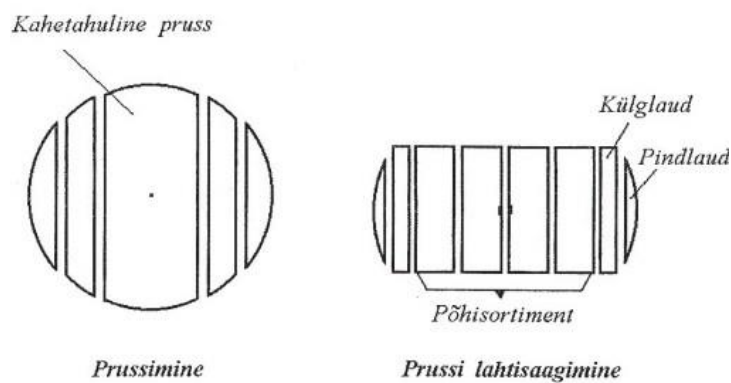
Tabel 1. Saekaatri eelised ja puudused (Šumigin)

Eelised	Puudused
Lahtisaagimine grupiliselt	Individuealse lahti saagimise võimalus puudub
Keskmise palgi jämeduse puhul on tootlikkus suur	Väga jämeda ja peene palgi puhul võike tootlikkus, palgi väikseim pikkus limiteeritud
Suur täpsus ristlõigete mõõtmisel ja hea kvaliteet töödeldaval pinnal	Suure vundamendi vajalikkus
Raamsaagide paigaldus on lihtne, hea ja odav hooldada.	Võrreldes ketassaepinkidega on keskmine lõikekiirus väike
Astmeliselt reguleeritav etteandekiirus	Seisakuid põhjustavad puidutükkide eemaldamine raamsaagide vahelt ning pindlauad segavad saagimist

Raamsaackaatriga palgi lahti saagimiseks on kaks tehnoloogilist võimalust. Esimeseks võimaluseks on lahtisaagimine prussimisega ja teine võimalus on lihtlõikus. Lihtlõikuse korral saetakse palk servamata saematerjaliks ning saeteede tasapinnad on paralleelsed. Lihtlõikusel toimub saagimine südamikulaua või tsentraallaua meetodil (joonis 1). Teiseks lahtisaagimise võimaluseks on prussimine. Prussimisega saetakse välja kahetahuline pruss, mis saetakse lahti saematerjaliks. Prussimisega saadud saematerjal on osaliselt servatud ja osaliselt servamata (joonis 2). (Šumigin)



Joonis 1. Palgi lahtisaagimine lihtlõikusega. (Šumigin)



Joonis 2. Palgi lahtisaagimine prussimisega. (Šumigin)

1.3.2. Lintsaekaater

On kolme tüüpi lintsaagesid: juurdelõikamise, tislari ja palgisaagimise saag. Tislerisaagide saelindid on väikese laiuse ja paksusega, sest nendega peab saama sooritada kõverjoonelisi saagimisi. Juurdelõikamissaagidel on laiemad ja paksemad saelindid kui eelneval, kuid siiski väiksemate mõõtmetega, kui palgisaagimise lintsaagidel. Lindi hambaprofiilid, nurkväärtused, konstruktsioon ja hambatipud sõltuvad lindi otstarbest ja on olulisemateks näitajateks, kui lindi laius. Selleks, et saada parimat lõikepinda, peab olema eene suhteliselt väike. Stelliidi peale sulatamine, kõvasulamplaadikeste külge jootmine, saelehe külgpindade kroomimine või hambatippude karastamine on võimalused, kuidas suurendada saelindi hambatippude vastupidavust. (Pikk 2001)

Tänapäeva saeveskites on hulgaliselt lintsaekaatriid kasutusel peamasinana ja lintsaepingid on paigutatud saeliinidesse. Neid saage kasutatakse prussimiseks, kui ka kogu palgi lahtisaagimiseks. Ühe agregaadina lintsaepinkide kasutamine kaksik- ja nelikpinkidena tõstab efektiivsust (Šumigin). Lintsaekaatriil on omad eelised ja puudused ning need on kirjeldatud tabelis 2.

Tabel 2. Lintsaekaatriite tehnoloogilised eelised ja puudused (Šumigin)

Eelised	Puudused
Palgi lahtisaagimisel üksikseadmega on võimalik saagimise ajal arvestada eelmist lõiget ja palgi iseloomu ning muuta saekava	Suure etteandekiirusega vähene saagimise täpsus
Suure diameetriga palkide lahtisaagimise võimalus	Lintsaehooldamine ja ettevalmistamine nõuab kõrge kvalifikatsiooniga töötajat
Palkide sorteerimine ei ole nii oluline	
Kitsas saetee	
Suure etteandekiirusega	

Lindiratta läbimõõt, vahemaa saelindist pingi raamini, vahemaa saelindi suunajate vahel, saelindi mõõtmed, saelindi liikumise kiirus ja etteandekiirus on lintsaekaatriite erinevateks tehnoloogilisteks parameetriteks. Tavaliselt kasutatakse lintsaagidel linte, millel on saehambad ainult ühel pool, kuid kui kasutada kahepoolse hammastusega saelinte, siis suureneb ka tootlikkus (Šumigin).

1.3.3. Ketassaekaater ja seimer

Puidu pikisaagimiseks ketassaagpingid võivad olla, kas ühe või mitmekettalised, saevõll võib asetseda kas all või üleval ning eendur võib olla valts või roomik. Pikisaagimisel toimub pealõikeservaga ristlõikamine, külgservadega külglõikamine ning sellisel juhul on saetee paralleelne puidu kiududega (Pikk 2001).

Ketassaekaatriid on väga levinud viisiks, kuidas palki lahti saagida. Neid kasutatakse nii suur- kui ka väiketootmises. Ketassaagpinke on võimalik tänu erinevate konstruktsioonilise ja tehnoloogilise variatsioonidele kasutada kõikides operatsioonides, mis on seotud palgi lahtisaagimisega. Vägagi tihti kasutatakse koos nendega ka freespinke, sel juhul on selle nimeks freessaepink (Šumigin). Ketassaekaatriil on omad eelised ja puudused ning need on kirjeldatud tabelis 3.

Tabel 3. Ketassaekaatriite tehnoloogilised eelised ja puudused (Šumigin)

Eelised	Puudused
Paigaldamine ja teisaldamine on lihtne	Palgi või prussi töötlemine on limiteeritud dimensiooniga
Lihtsa ehitusega ja lihtne käsitleda	Suur saetee
Vundament ei pea olema massiivne	Saagide ettevalmistus nõuab kõrget professionaalsust
Peene palgi töötlemisel on tootlikkus suur	Halb töötlemistäpsus

Seimer on ketassaepink, mis on kahe või rohkemate saagidega ning neid kasutatakse saeveskites servamisoperatsioonide tegemiseks. Sellega saetakse maha servad ning saadakse vajaliku ristlõikega materjal. Seimreid on tootlikkuse tõstmiseks automatiseeritud optimisaatoritega, mis mõõdavad materjali pikkuse, laiuse, paksuse ning määravad ka poomkandi suuruse. Optimisaatorid on ühenduses arvutiprogrammiga, mis saavad vajaliku informatsiooni ning edastavad seadmele korralduse, millisesse kohta nihutada saekettad (Šumigin).

1.3.4. Nelikanthöövel

Hööveldatakse puitmaterjali, mis on kuivatatud niiskuse kuni 15 %, vastasel juhul jäävad tasapinnad karedaks. Põhiliselt kasutatakse tootmistes hõõvelpink, mis hõõveldab neljast küljest korraga ning sellel on vähemalt neli noavõlli. Ei ole harv juhus, kui kasutatakse kahekordselt alumisi ja ülemisi noavõlle. Terade õige paigutus ja noapeade tasakaalustatus aitab vältida vibratsioonide teket. Selleks, et hõõvelpink saaks töötada 50 m/min ja suurematel kiirustel, oleks vaja kindlustada materjali pidev etteanne pingile. Sellistel juhtumitel on võimalik kasutada põrandaga ühel tasapinnal olevat rullteed või ketttransportööri (Pikk 1998).

1.3.5. Järkamissaag

Järkamissaaga toimub puidu ristisaagimine, selleks operatsiooniks kasutatakse saesupordi sirgjoonelise eendamisega, šarniirseid pendelsaage, järkamispinki saevõlli all-asetusega või balansiirsaagi. Suurema diameetriga saekettaid tuleb kasutada pendelsaagidel, sest selle saelehe liikumine toimub mööda ringjoont. Pendelsaaga tehakse ühes vahetuses keskmiselt 4000 – 6000 lõiget (Pikk 2001). Kuni 10 000 lõiget tehakse ühes vahetuses sirgjoonelise saeketta liikumisega pingil. Esimene lõige tehakse silma järgi ning teise lõike sooritamiseks nihutatakse materjal rullikutel kuni vajaliku toeni, kui tugi puudub siis kuni mõõdupuul oleva märkeni ning sooritatakse teine lõige (Pikk 1998).

2. NELTA TRADE OÜ

2.1. Ülevaade

Nelta Trade OÜ on asustatud 2009. aastal, ettevõtte põhitegevusala on kuusepalgist sae- ja höövelmaterjali tootmine ning müük. Ettevõttes on 2020. aasta neljanda kvartali seisuga 13 töötajat. Esimese kvartali käive 2020. aastal oli 118 474 €, töötajate arv 11 ja käive töötaja kohta 10 770 € . Teises kvartalis oli ettevõtte käive esimesest kvartalist ligi kaks korda suurem, täpsemalt oli käive 233 860 €, töötajate arv oli suurenenud 13 töötajani ning käive töötaja kohta oli 17 989 €. Kolmanda kvartali käive oli 206 960 € ehk kahanes võrreldes teise kvartaliga, kuid oli siiski suurem, kui esimeses kvartalis. Töötajate arv kolmandas kvartalis oli 14 ning käive töötaja kohta 14 783 €. Neljas kvartal oli 2020. aasta kõige suurema käibega, koguni 273 736 €, see on 2,31 korda suurem, kui esimesel kvartalil, töötajate arv oli samal tasemel nagu teises kvartalis ning käive töötaja kohta oli 21 057 € (Krediidiraportid 2021). Joonisel 3 on ettevõtte tootmisala, mille pindala on 3,96 ha ning paikneb Põlvamaal, Meemaste külas (Maa-amet 2021).

Ettevõtte töötajad on pärit tootmisala lähedal olevatest asulatest. Kaadrivoolavus on väike, enamik töötajaid töötavad ettevõtte algusaastatest, mõned isegi sellest ajast, kui seal tegutses teise nime all olnud ettevõtte.

Aastate jooksul on tekkinud Nelta Trade OÜ-l püsikliendid, need paiknevad Saksamaal ning nende tellimused saadakse läbi Saksamaal oleva agendi. Agendiga on olnud pikaajaline koostöö, ligikaudu 20 aastat. Ettevõttejuhil on aastatega tekkinud ka Eestis isiklikud sidemed ja tutvused ning tänu sellele tulevad aeg-ajalt tellimused ka kodumaalt, kuid põhiline turg on siiski Saksamaa, see moodustab üle 90 % kogu müügi hulgast.



Joonis 3. Hoonete ja tööalade paigutus. (Maa-amet 2020)

- | | | |
|-------------------|-----------------------------|---|
| 1. Kontor | 5. Seimri tööala | 9. Järkamissae tööala |
| 2. Tõstukigaraaž | 6. Saekaater | 10. Katlamaja ja kuivati |
| 3. Lintsae tööala | 7. Palgiestakaad | 11, 12. Varjualused materjali hoiustamiseks |
| 4. Puhkeruum | 8. Nelikanthöövliite tööala | 13. Pinnapakside laoplat |

2.2. Kasutatav toore ja selle ladustamine

2.2.1. Kasutatav toore

Nelta Trade OÜ kasutab peamiselt toormeks kuusepalki, kuid kliendi tellimuse korral saetakse vajadusel ka mändi. Ettevõtte kasutab toormeks kuuske just seetõttu, et kuusel on männipuidust väiksem vaigusisaldus ja heledam värvus. Põhiliseks pikkuseks on 5,4 m, kuid valmistoodangut valmistatakse ka pikkustest 5,1 m, 4,8 m, 4,5 m, 4,2 m ja 3,9 m. Eelnevalt mainitud pikkustel on tegelikkuses pikkuse varu +10 cm.

2.2.2. Toorme ladustamine

Ettevõttes ladustatakse toore estakaadidele, sellisel juhul ei puutu palgid maad ning sellega vähendatakse puidul kahjustuste teket (joonis 4). Palki võetakse vastu tavaliselt kahe inimesega, sest siis on võimalik visuaalsel teel märgata kahjustusi, nt mädanik, sinetus ja kõverused ning need saab kohe palgi otsale märkida. Kuna raamsael saetakse tüügas eespool, siis palke estakaadidele laadides pannakse need tüügas hoone suunas, kus on raamsaag. Juba laadides vaatab ja mõõdab üks vastuvõtjatest palgi diameetrit, sest ettevõttes saetakse raamsaega kuni 31 cm diameetriga palke. Alates diameetriga 32 cm ladvapoolsest otsast mõõdetuna palgid saab juba laadides asetada estakaadide sellele otsale, kuhu pääseb ligi tõstukiga, et need transportida lintsaie estakaadile. Suviti võib tulla ette olukordasid, kui tooret tarnitakse sellisel hulgal, et need ei mahu statsionaarsetele estakaadidele. Sellisteks olukordadeks on olemas ebakvaliteetsed palgid ning nendest tehakse ajutised palgiestakaadid.



Joonis 4. Raamsaekaatri juures paiknevad palgiestakaadid. (Autori foto)

2.3. Tehnoloogiliste operatsioonide järjekord

Esimesteks operatsioonideks toodangu valmistamisel on raam- ja lintsaega palkide lahkamine. Palkidest saadakse pinnad, servamata laudad ja prussid. Laudade paksus on 27

mm ja prusside paksus oleneb tellimusest, erinevad paksuse mõõdud lahkamisel on 47, 56 ja 66 mm. Järgmiseks operatsiooniks on prusside ja laudade kantimine mitmekettalise seimriga. Peale seimerdamist transporditakse servatud materjal kuivatisse ja kuivatatakse niiskuseni 15 % +/- 3 %. Kuivatatud materjal transporditakse hooveldamisse või järkamisse. Hooveldamise ja järkamise järjekorra määravad materjali ristlõiked. Materjal laiustega 50, 60 ja 80 mm on võimalik mitu tükki korraga järgata ilma hooveldamiseta, seetõttu nendel mõõtmetel ei ole väga vahet, kas enne hooveldada või järgata. Materjal laiusega 100 mm on mõistlik kõigepealt hooveldada, sest siis saab ka neid järgata 2 tk korraga. Järkamise ja hooveldamise järjekord ei olene materjalil laiusega 120 mm ja laiemad, sest neid saab järgata ainult ühe kaupa. Hooveldatud ja õigesse pikkusesse järgatud materjal kiletatakse ja fikseeritakse metallist lintidega, pakkide alla koos lintidega kinnitatakse ka aluspuud. Selline aluspuude kinnitamine lihtsustab pakkide ladustamist ja hiljem laadimist transpordisõiduki peale.

2.4. Kasutatava tehnoloogia kirjeldus

2.4.1. Raamsaekaater

Ümarpalgi lahti saagimiseks on palgid asetatud palgiestakaadidele, nende estakaadide peal sorteeritakse ka palgid (Joonis 4). Raamsaagidel on mõõduvahetus väga aeganõudev ning seetõttu lõigatakse ühe saekavaga võimalikult kaua, selle võimaldamiseks peab palgid sorteerima vastavatesse vahemikesse. Estakaadidel veeretatakse ühele poole näiteks palgid diameetriga 18 – 25 cm ning 26 – 31 cm läbimõõduga palgid jäetakse teisele poole ning osa viiakse otse raamsaekatri juurde lõikusesse. Joonisel 5 on näha käru, mida kasutatakse palkide transportimiseks ning kasutatakse ka abivahendina palkide sorteerimisel.



Joonis 5. Raamsaekaatri juures olevad abiestakaadid ning palkide transpordikäru. (Autori foto)

Palke sorteeritakse ja veeretatakse käsitsi transpordikäru peale ning käsitsi toimub ka käru transportimine raamsaekaatri juurde. Selline palgi sorteerimine ja palkide transport on väga füüsiline ja aeganõudev töö. Aeg-ajalt tegeleb palgi sorteerimisega ja transportimisega eraldi üks töötaja, kes transpordib vajalike diameetritega palgid hoone sees olevale väiksemale estakaadile (joonis 5). Sellisel juhul saavad saekaatri töötajad keskenduda enda põhiülesandele ehk raamsaekaatri opereerimisele. Mõnikord peavad saekaatri operaator ja abitöötaja raamsaega töötamiseks ise palki sorteerima, transportima ning neid ka lahkama. Sellisel juhul kulub palju aega abitöödele ning põhitegevusele ehk palkide lahkamisele ei saa piisavalt keskenduda. Sel ajal, kui operaator ja abitöötaja palke sorteerivad ning transpordivad on saeraam seisatud.

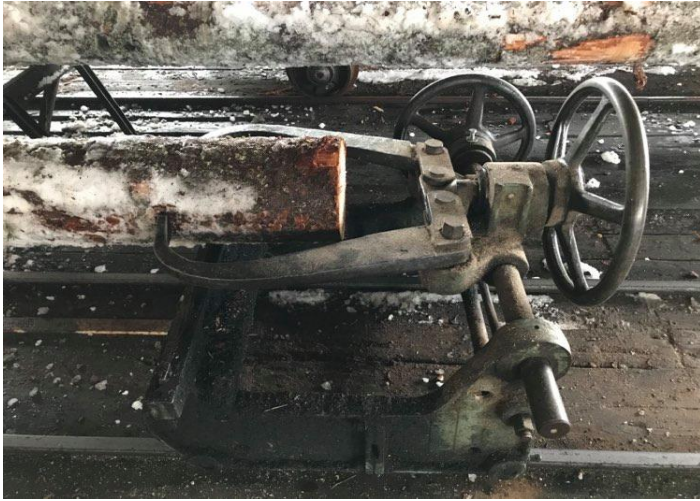
Palkide lahkamiseks kasutatakse ühte nõukogudeaegset raamsaagi R-63 (joonis 6), mis on paigaldatud tootmishoonesse 1998. aastal. Ligikaudu 20 aastat tagasi kasutati ettevõttes kahte raamsaagi palkide lahkamiseks. Esialgu lahati palke prussimise meetodil (joonis 2), kuid hiljem mindi üle lihtlõikuse meetodi kasutamisele (joonis 1). Ligikaudu 15 aastat tagasi hakati ühe raamsaega lahkama palke diameetriga 18 – 25 cm ja teisega 26 – 31 cm. Kuna põhiliseks plankude paksusteks oli ja on ka tänaseni 66 mm, siis palkidel diameetriga 18 -

25 cm saab kõige parema väljatulekuga 2 planku ja vahemikus 26 – 31 cm 3 planku (tabel 4). Hetkel kasutatakse ühte raamsaagi mõlema vahemiku töötlemiseks.



Joonis 6. Palkide lahkamiseks kasutatav raamsaag R-63. (Autori foto)

Palkide sisestamiseks saeraami tuleb palk esmalt palgivankritega tsentreerida ja fikseerida. Joonisel 7 on näha tagumist palgivankrit, mida kasutatakse palgi pööramiseks ja kinnitamiseks ning joonisel 8 on näha esimest vankrit palgi toestamiseks. Palgivankrid asetsevad relssidel ning tänu nendele on vankritel võimalik liikuda raamsae suunas ja tagasi. Maksimaalseks palgi pikkuseks on 11 m ning läbimõõduks 63 cm. Joonisel 9 on näha kasutatavad saelehed, nende paksuseks on 2,4 mm ning neid on võimalik kõrvuti paigutada 15 tükki. Saelehti teritatakse ettevõttes mehaaniku poolt selleks ettenähtud terituspingiga (joonis 10).



Joonis 7. Tagumine palgivanker. (Autori foto)



Joonis 8. Esimene palgivanker. (Autori foto)



Joonis 9. Raamsae saelehed. (Autori foto)

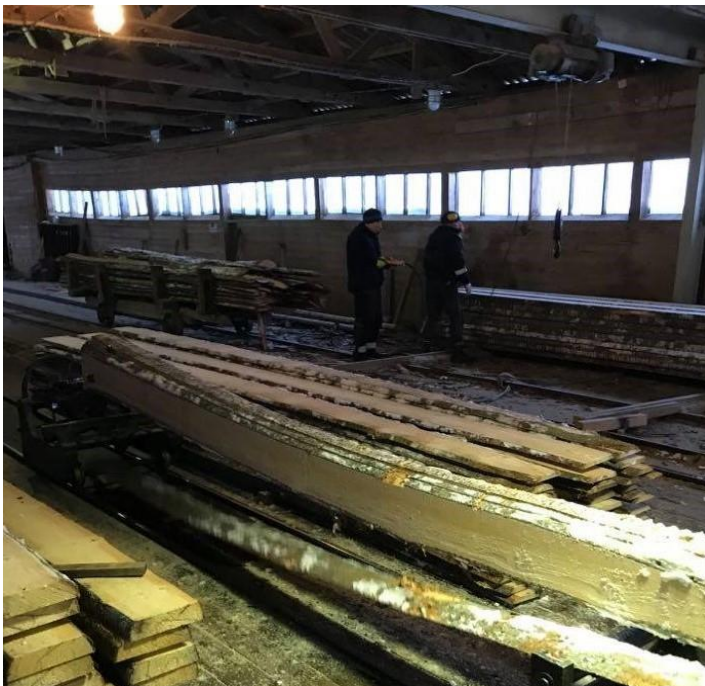


Joonis 10. Raamsae saelehtede terituspink. (Autori foto)

Saeraami taga asetsevad kaks palgi vankrit, üks on mõeldud palgi toestamiseks ning teisel vankril on juhtnuga (joonis 11), mis aitab vältida saeraamist väljatuleva materjali laialivajumist (Välja 1990). Saetud palgi pinnad asetatakse spetsiaalsele kärule, lauad asetatakse paremale poole relsle ning plangud vasakule poole (joonis 12). Valmis saanud lauapakid transporditakse käruga palgiestakaadide vahele, sealt saab tõstukijuht lauapaki transportida laoplatsile. Valmis saanud plangupakid tõstetakse telfriga hoones seina äärde aluspuude peale (joonis 12).



Joonis 11. Raamsae juhtnoaga palgivanker. (Autori foto)



Joonis 12. Pindade, laudade ja plankude asetused saetud palgist. (Autori foto)

Tabel 4. 66 mm plankude jagunemine palgi läbimõõdu vahemikega

Plankude arv, tk	Palkide dm, cm
2	18 - 25
3	26 - 31
4	32 - 37
5	38 - 44
6	45 - 55

Selleks, et saada võimalikult hea väljatulekuga 66 mm paksusega plankusid, on palgid jaotatud erinevatesse vahemikesse plankude arvu jagunemise järgi. Palkidest läbimõõduvahemikuga 18 – 25 cm saab 2 planku, vahemikus 26 – 31 cm saab 3 planku, vahemikus 32 – 37 cm 4 planku, vahemikus 38 – 44 cm 5 planku ja vahemikus 45 – 55 cm 6 planku (tabel 4).

2.4.2. Lintsaekaater

Lintsaekaater on paigaldatud 2006. aastal, see on üksiksaena kasutatav horisontaalne palgisaagimise lintsaag Serra Mammüt L12 (joonis 15), mootori võimsus on 18,5 kW. Saeagregaadil on kaks lindiratast, millest üks on nelja rihmaga ühendatud elektrimootoriga, mis paneb lindirattad pöörlema. Lindirattad on läbimõõduga 800 mm lindid on laiusel 80 mm. Palgi saagimisel tekib lindi ja puidu vahel hõõrdejõud, mis teeb lindi kuumaks, seetõttu jahutatakse saelinti diiselkütusega. Lisaks kuumuse vältimisele aitab selline lindi määrimine diisliga ära hoida ka lindi kahjustumist vaiguga. Lintsaal on 9 m pikkune palgialus, mille küljes on kolm palgihaaratsit ja -piirajat, palgi pööramiseks käpp, kaks palgitõstukit, juhtpult ning saeagregaat. Lintsaal edasiliikumiseks on sael eraldi elektrimootor, mis paikneb juhtpuldi kõrval. Lintsaal külge on kinnitatud tross, mis suundub palgialuse kõrval palgiestakaadi poolsele otsale. Palgiestakaadi poolses küljes on kinnitatud soonel rullik, mida mööda saab tross liikuda tagasi juhtpuldi kõrval paikneva elektrimootori külge.



Joonis 13. Lintsaag, palgialus, estakaad ja palgikäru. (Autori foto)

Joonisel 13 on lisaks saeagregaadile, palgiestakaadile, kahele palgitõstukile ja palgialusele näha ka palgi transportimiseks mõeldud käru. Käru asetseb relssidel ja relsid on paigutatud nii, et abitöötaja saab palgiestakaadilt (joonis 14) palgi veeretada kärule ning käruga saab palgi transportida lintsaie palgitõstukite juurde.



Joonis 14. Lintsaie palgiestakaad. (Autori foto)

Lintsaega saetakse tavaliselt palke diameetriga üle 32 cm (tabel 4). Joonisel 14 on näha lintsaie juures asetsevat palgiestakaadi. Sellele estakaadile tuuakse palgid autotõstukiga raamsae juures paiknevalt estakaadilt.

Lintsaega opereerivad kaks töötajat, lintsa operaator ja abi. Lintsa juhtimiseks on sae otsas juhtimispuult. Juhtimispuuldiga saab saelindi pingutada ja sae käivitada. Enne palgi asetamist tõstab operaator palgipiirajad üles ning seejärel tõstab ja kallutab palgitõstukitega palgi palgialusele. Seejärel pöörab palgi sobivasse asendisse ning fikseerib palgihaaratsitega palgi. Peale fikseerimist pühib abitöötaja palgi suuremast mustusest puhtaks, see tagab saelindi pikema tööea.



Joonis 15. Saepuru kast, mille peale toetub plankude asetamiseks mõeldud abivahend. Eemal on näha ka lintsaekaater. (Autori foto)

Esimese saagimisega saetakse palgi pind, selle viib abitöötaja pindade kogumiskohta. Järgmisena saetakse laud, mille operaator ja abi viivad lauapakki. Seejärel pööratakse palk saetud pind vastu palgilauda ning alustatakse teiselt poolt pinna saagimisega ning vastavalt saekavale saetakse kas üks või kaks lauda. Järgmise tegevusena saab operaator vastavalt palgi diameetri saekavale servamata plangud. Peale plankude saagimist asetavad operaator ja abitöötaja plangud lintsa kõrvale aluspuudele. Plankude asetamiseks kasutatakse puidust abivahendeid, mille abil plangud lohistatakse paika (joonis 15). Kuna saagimisel tekkinud

saepuru paiskub lintsae kõrvale maha, siis viimase tegevusena lükkab abitöötaja labidaga saepuru kokku ning viskab saepurukasti (joonis 15). Seejärel jätkatakse eelnevat tegevust.

2.4.3. Seimer

Raamsae- ja lintsaekeeris palkide lahkamisel saadud servamata plangud ja lauad servatakse mitmekettalise seimriga (joonis 16). Seimri ees ja taga on töölauad, laudade küljes on rullid mis tagavad materjali sujuva liikumise. Seimri materjali sisestamisavas on tagasilöögimehhanism. Juhul, kui peaks mingisugusel põhjusel tekkima seimris tagasilööki, siis ei saa seimri operaator plangult või laualt lööki. Sisestamisava ees on vastavalt saeketaste paiknemisele paigutatud ka märkepulgad, et lihtsustada materjali paigutamist ja sisestamist seimrisse. Seimriga on võimalik servata kuni 60 cm laiusega planke ja paksusega kuni 150 mm.



Joonis 16. Seimri tööala. (Autori foto)

Materjali etteveoks on seimris neli roomikeendurit: esimene alumine ja ülemine ning tagumine alumine ja ülemine. Roomikeendurite kõrguste vahe on muudetav manuaalselt seimri materjali väljumsava üleval asuva reguleerimisega. Joonisel 17 on näha piki roomikuid olevad soonid, mis tagavad materjaliga korraliku haakuvuse, eriti vajalik on see

talvel, kui materjal võib olla jäine. Eendurid saavad energia elektrimootorilt kettülekan­dega (joonis 18). Roomikeendurite ja saeketaste võlli all on saepuru kogumiskoht, selle küljel on ventilatsioonitoru, mida mööda liigub saepuru väljas olevasse saepurupunkrisse.



Joonis 17. Seimri ülemised roomikeendurid ja saeketaste võll pealtvaates. (Autori foto)

Seimri keskel asub saeketaste võll, seda on võimalik eemaldada seimri kõrval asuvast spetsiaalsest avast. Saeketaste võllile kinnitatakse vajalik arv ja vajalike vahedega saekettaid (joonis 17). Saeketaste alguses ja lõpus on distantssseib, samasuguste seibidega tagatakse saeketastele ka vajalik kaugus teineteisest. Seimrioperaator paigutab saeketaste vahekaugused vastavalt vajaliku materjali spetsifikatsioonile. Joonisel 19 on näha elektrimootor, millelt tuleb energia saeketaste võllile rihmülekan­dega.



Joonis 18. Seimri kettülekanne roomikeenduritele ja rihmülekanne saeketaste võllile.
(Autori foto)



Joonis 19. Seimri elektrimootor. (Autori foto)

Seimrioperaatori ülesandeks on võtta esimese rull-laua vasakul asetsevast plangu- või lauapakist materjal ja asetada see jõuõla kasutamiseks rull-lauale. Operaator paigutab

vastavalt materjali eripärale selle võimalikult parima väljatulekuga positsioonile ning lükkab seimri vastuvõtu avasse.



Joonis 20. Vasakul on seimri läbinud materjalikäru ja paremal servade käru. (Autori foto)

Väljumisavast tulnud materjali sorteerivad kolm abitöötajat. Seimri väljumisavast paremal ja vasakul asetsevad ühed abitöötajad ning kolmas paikneb rull-laua otsas. Väljumisavast paremal ja rull-laua otsas paiknevad töötajad eemaldavad servad. Seejärel sorteeritakse ülejäänud materjal. Väljumisavast vasakul ja rull-laua otsas olevad töötajad asetavad ühtede mõõtmetega materjalid käru peale ja teiste mõõtmetega materjali seina äärde (joonis 16). Kolmanda ristlõikega materjali asetab väljumisavast paremal olev töötaja esimese rull-laua kõrval oleva materjalikärule (joonis 20).

Peale igat rida pannakse kanditud materjalile lipid. Valmis saanud pakk seotakse kahe metallist lindiga. Tänu relssidel paiknevatele kärudele on võimalik pakk transportida hoonest välja. Pakk tõstetakse tõstukiga kärult ning transporditakse kuivatisse.

Tabel 5. Servatud materjalide jaotumine ristlõigete järgi

Pikkus, m	Ristlõige, mm	Seimri pakk, tk
5,5	66 x 170	66
5,5	66 x 150	77
5,5	66 x 130	88
5,5	66 x 108	110
5,5	66 x 88	132
5,5	66 x 66	176
5,5	45 x 66	224

Servatud materjalid ristlõigetega 66 x 170 mm, 66 x 150 mm, 66 x 130 mm, 66 x 108 mm, 66 x 88 mm ja 66 x 66 mm tehakse 11 realiseeritud pakki (tabel 5). Ristlõikega 45 x 66 mm tehakse 14 realiseeritud pakki. Erinevate ristlõigetega pakkides on ühes pakis ka erinev tükiarv materjali. Ristlõikega 66 x 170 mm on pakis 66 tk, ristlõikega 66 x 150 mm on pakis 77 tk, ristlõikega 66 x 130 mm on pakis 88 tk, ristlõikega 66 x 108 mm on pakis 110 tk, ristlõikega 66 x 88 mm on pakis 132 tk, ristlõikega 66 x 66 mm on pakis 176 tk ja ristlõikega 45 x 66 mm on pakis 224 tk.

2.4.4. Kuivati

Ettevõttes kasutatakse ühte üheksakümnendatel ehitatud statsionaarset kamberkuivatit. Kuivati asub hõovlite ja järkamissaega ühes hoones, eest vaadates hoone parempoolses otsas. Kuivati on laotud tellistest ja tuhaplokkidest ning põrand on valatud betoonist. Põrandaga ühes tasapinnas on kuivatikärude relsid.



Joonis 21. Kamberkuivati eestvaates. (Autori foto)

Kuivati ees on kaks külgedele avanevat ust ja nende uste üleval on kaks õhuvahetuse klappi (joonis 21), kuivati taga asuvad teised kaks klappi (joonis 22). Kuivati algusaastatel toimis automaatne klappide avamise süsteem, kuid aja möödudes ei toiminud süsteem nii nagu oli

vaja ning nüüd toimub klappide reguleerimine kontrollpaneelilt manuaalselt. Klappide avamisega toimub õhuvahetus ning üleliigne niiskus liigub välja. Kuivatis õhuniiskuse jälgimiseks on seinale kinnitatud kliimaandur (joonis 23).



Joonis 22. Kuivati tagumised õhutuskapid. (Autori foto)



Joonis 23. Kuivati kliimaandur. (Autori foto)

Kuivati kuivatuskeskkonnaks on õhk, mida soojendab veekalorifeer. Kalorifeer asetseb kuivati lae parempoolses küljes (joonis 24). Kalorifeeris ringlevat vett kuumutatakse puukatla (joonis 25).



Joonis 24. Veekalorifeer. (Autori foto)

Katel on valmistatud 2016. aastal ettevõttes Rapla Metall OÜ. Võimsuseks on 500 kW, töö rõhk 2,5 bar, töötemperatuur 95°, veemaht 930 liitrit, katel on 2180 mm pikk, 1440 mm lai ja 2420 mm kõrge ning kaalub 3000 kg (joonis 25). Katla kütmiseks kasutatakse palgi lahkamisel saadud pindasid, servamisel saadud servasid ja materjali järkamisel tekkinud otsasid.



Joonis 25. Kamberkuivati katel. (Autori foto)



Joonis 26. Kontrollpaneel. (Autori foto)

Kontrollpaneeliga reguleeritakse kuivati soojendamise aega, kuivatamise ja jahutamise kestvust tundides (joonis 26). Selle abil saab seadistada ventilaatorite suunda ja suuna vahetamise aega. Paneelil pannakse paika materjali paksus, tänu sellele saab süsteem ennast ise korrigeerida. Paneelil on võimalik jälgida kambri temperatuuri, materjali niiskust ja kuivatusagensi niiskustaset.



Joonis 27. Telgventilaatorid. (Autori foto)

Tsirkulatsiooniseadmeteks on neli telgventilaatorit läbimõõduga 60 cm, need asetsevad kuivati ülemisel osal (joonis 27). Ventilaatoritest kaks on paigutatud ühele suunale ja kaks teisele. Teatud aja töötavad kaks ventilaatorit, mis panevad õhu liikuma vastupäeva, seejärel hakkavad töötama teised kaks ventilaatorit ning õhk hakkab liikuma päripäeva. Selline õhu tsirkuleerimine tagab efektiivsema kuivamise.

Seimrist toodud materjalipakid asetatakse tõstukiga kuivatikärudele, mis liiguvad mööda põrandal olevaid relse (joonis 28). Kärusid on kokku neli ning igale kärule mahub kuni neli pakki. Materjalipakid on tavaliselt umbes 5,5 m pikad, 1 m laiad ja 0,9 m kõrged. Kärule asetatakse kaks pakki kõrvuti, nende peale asetatakse vahepuud ning pannakse ka teised kaks pakki kõrvuti nende peale. Samamoodi täidetakse ka teised kärud ning lükatakse kuivatisse. Kuivatisse mahub kokku neli kärud, järelikult ka kuni 16 pakki.



Joonis 28. Kuivatatud materjal. (Autori foto)

Kärul paiknevate materjalide otsad lükatakse tihedalt kokku, et õhuliikumist efektiivselt kasutada kuivatamiseks. Kuivatamise lõpufaasis käib tootmisjuht elektroonilise puidu niiskumõõtjaga materjaliniiskust mõõtnas, et kontrollida enne materjali väljavõtmist selle niiskustaset. Tootmisjuhi sõnul võtab kuivatamine suvel aega 4 -5 päeva ning talvel 5-7 päeva. Juhul, kui materjali niiskus on 15 % +/- 3 %, on kuivatusprotsess lõppenud ning alustatakse materjali transportimisega nelikanthöövlite ja järkamissae juurde.

2.4.5. Nelikanthöövliid

Ettevõttes kasutatakse kahte nelikanthöövliit (joonis 29 ja 30), mis asuvad ühes hoones koos järkamissaega. Höövlite esimene noavõll asub alumisel pinnal, teine paremal, kolmas vasakul ja neljas üleval. Alumisel, ülemisel ja külgmistel võllidel on neli höövlitera. Külgmised terad tekitavad hööveldamisel materjalile ka faasid. Materjali etteveoks on höövlitel valtseendurid. Hööveldamisel tekkinud höövlilaastu eemaldab ventilatsioon. Iga noavõlli juurde on kinnitatud ventilatsioonitoru, mida mööda saab höövlilaast liikuda hoone kõrval asuvasse kogumiskohta.



Joonis 29. Nelikanthöövel Gubisch 170 BS 170/6. (Autori foto)



Joonis 30. Nelikanthöövel +GF+ Brugg. (Autori foto)

Hööveldamist vajav materjal tuuakse tõstukiga hõövli sisestamisava ette, veidi paremale. Sellisest kohast saab hõövlioperaator võtta materjali ning selle sisestada vastuvõtuavasse nii, et materjalipakk ei jää ette (joonis 31). Selliselt asetatakse mõlemale hõövlile materjal, mis vajab hõöveldamist.



Joonis 31. Nelikanthöövli +GF+ materjalipaki asetus. (Autori foto)

Gubisch 170 BS 170/6 nelikanthöövlist väljunud hõõveldatud materjal asetatakse vahetult materjali väljumisavast vasakule (joonis 32). Materjal võetakse vastu ja asetatakse pakki käsitsi, sest selle hõõvliga hõõveldatakse väiksemate ristlõigetega materjalid. Vastuvõtja asetab materjali pakki nii, et järkamissae poolsed materjali otsad on enam-vähem ühel kaugusel. Selliselt on hiljem materjali lihtsam järgata. Juhul, kui materjal on juba eelnevalt pikkusesse järgatud, siis asetatakse iga rea vahele 2 - 3 mm paksusega lipid. Eelnevalt mitte järgatud materjali puhul asetatakse 20 mm paksusega lipid iga nelja rea tagant.



Joonis 32. Nelikanthöövli Gubisch 170 BS 170/6 töödeldud materjali asetamise koht. (Autori foto)



Joonis 33. Nelikanthöövli +GF+ Brugg töödeldud materjali asetamine pakki. (Autori foto)

+GF+ Brugg nelikanthöövlist väljunud materjal asetatakse höövli suhtes paremale. Väljunud materjal liigub pukile, mida vastuvõtja kasutab toetuspunktina, et jõuõla efekti kasutada ning asetab hööveldatud materjali pakki (joonis 33). Selle höövliga hööveldatakse suuremate ristlõigetega materjali, seetõttu kasutatakse seal materjali asetamiseks abivahendit. Vastuvõtja asetab materjalide höövlipoolsed otsad enam-vähem ühele kaugusele, sest sellisel juhul jäävad ühel kaugusel olevad otsad hiljem tõstukiga paki transportimisel järkamissae tööalale õigele poole. Selliselt on materjali parem järgata. Järgatud materjali puhul asetab vastuvõtja iga rea vahele 2 - 3 mm paksusega lipid ning järkamata materjali puhul iga nelja rea tagant 20 mm paksusega lipid.

Höövliatel on reguleeritavad juhtlatid, nende kaugused tuleb muuta, kui hakatakse hööveldama kitsamat materjali. Juhtlatid on kinnitatud poltidega. Õhema materjali hööveldamiseks tuleb külgmistele noavõllidele kinnitada väiksemad terad.

2.4.6. Järkamissaag

Ettevõttes kasutatakse materjali pikkusesse järkamiseks ühte ketassaagi (joonis 34). Järkamissael on 10 m pikkusega rull-lauid. Saest paremal on materjali asetamiseks rull-lauid pikkus 4 m. Selle esimese poole ees on ala, kuhu tõstukiga transporditakse järkamata materjal. Sellel poolel teostatakse materjali esimese poole otsamine. Seejärel lükatakse

materjal rull-laua saest vasakule poolele. Tõstetakse uus materjal ja sooritatakse esimene otsamine.



Joonis 34. Järkamissaag. (Autori foto)



Joonis 35. Järkamissae tööala, fotol vasakul poolel asetseb järgatud ja paremal järkamata puitmaterjal. (Autori foto)

Järkamissaest vasakul on mõõdulatt, millele on märgitud erinevad pikkuse mõõtmed. Üks töötaja asetab materjali otsad märkega tasa ning teine töötaja sooritab saagimise, seejärel asetatakse järgatud materjal rull-laua ette spetsiaalsesse kohta (joonis 35), kuhu hiljem on ka tõstukil ligipääs. Eelnevalt hõõveldatud materjali järkamisel asetatakse iga rea vahele 2 – 3 mm paksusega lipid ning hõõveldamata materjali järkamisel asetatakse 20 mm paksusega lipid iga nelja rea järel.

Hõõveldatud ja järgatud materjal kiletatakse, kile kinnitatakse klambripüstoliga. Valmis paki alla asetatakse aluspuud, iga aluspuu kinnitatakse ja fikseeritakse metallist lindiga, mis ühtlasi fikseerib ka materjalipaki. Kile peale kirjutatakse materjali ristlõige, pikkus ja

tükiarv. Materjalipakid paigutatakse transpordisõidukisse Manitou MT50 autotõstukiga (joonis 36).



Joonis 36. Materjalipakkide laadimine transpordisõidukile. (Autori foto)

Tabel 6. Valmis pakkide jaotumine ristlõigete ja tükiarvu järgi

Ristlõige, mm	Valmispakk, tk
60 x 160	84
60 x 140	96
60 x 120	108
60 x 100	132
60 x 80	168
60 x 60	216
40 x 60	324

Valmis pakid ristlõigetega 60 x 160 mm, 60 x 140 mm, 60 x 120 mm, 60 x 100 mm, 60 x 80 mm ja 60 x 60 mm tehakse 12 realised (tabel 6). Materjal ristlõikega 60 x 40 mm tehakse 18 realine pakk. Iga ristlõikega materjali on ühes reas erineva arvuga. Materjal ristlõikega 60 x 160 mm on pakis 84 tk, ristlõikega 60 x 140 mm on pakis 96 tk, ristlõikega 60 x 120 mm on pakis 108 tk, ristlõikega 60 x 100 mm on pakis 132 tk, ristlõikega 60 x 80 on pakis 168 tk, ristlõikega 60 x 60 mm on pakis 216 tk ja ristlõikega 40 x 60 on pakis 324 tk. Valmis pakid ladustatakse laoplatsile seniks, kuni saabub transpordisõiduk ning materjalipakid saab laadida sõidukile. Materjali pikkuses 5,4 m saab ühele sõidukile laadida 12 pakki. Peale pakkide laadimist sõidukile, alustatakse järgmise tellimuse täitmisega, kui seda juba ei ole alustatud.

3. METOODIKA

Rakenduskõrghariduse lõputöö koostamiseks kasutati andmeid, mis koguti ettevõttes tehnoloogilisi operatsioone vaadeldes ning mõõtmisandmed saadi mõõtmiskatsed sooritades. Tehnoloogiliste operatsioonide varasema dokumentatsiooni alusel teostati tootlikkuse analüüs. Tehnoloogiliste operatsioonide vaatlusel saadi teada etapid ja abiprotsessid, need kirjeldati ja sooritati iga etapi kronomeetrilised mõõtmised. Ajalisteks mõõtmisteks kasutati stopperit.

Vaatluse alla võeti raamsaekaater, horisontaalne lintsaekaater, mitmekettaline ketassaag ehk seimer, järkamissaag ja nelikanthöövlid ning nende operaatorite/juhtide ja abiliste ülesandeid. Igale seadmele sooritati vaatlused ja etappide ajalised mõõtmised. Horisontaalsel lintsaal sooritati mõõtmised kahel päeval. Nendel päevadel töödeldi 5,4 m pikkusega kuusepalke. Mõlemal päeval mõõdeti iga etapi ajalised kulud 20 korral ning tehti mõõtmised ka viie järjestikkuse kuusepalgi lahkamisest. Seimril sooritati mõõtmised kahel päeval. Nendel päevadel töödeldi saekaatri poolt toodetud 5,4 m pikkusega kuuseplankusid. Mõlemal päeval mõõdeti iga etapi ajalised kulud 20 korral ning sooritati mõõtmised ka kümne järjestikkuse plangu töötlemiseks kuluvad ajad. Materjali järkamisel sooritati mõõtmised kahel päeval, kui töödeldi 5,4 m pikkusega prusse. Mõlemal päeval mõõdeti lõikeprotseduuri etappidele kuluvat aega 20 korral ning sooritati mõõtmised ka kümne järjestikkustele lõikeprotseduuridele kuluvat aega. Mõlemale nelikanthöövlile sooritati mõõtmised, et arvutada eendekiirused ja valemi abil leiti vahetuse tootlikkus. Raamsaekaatrile, lintsaekaatrile ja seimrile teostati varasema dokumentatsiooni alusel tootlikkuse analüüs.

Tootmises kasutatavate seadmete andmed on saadud ettevõtte juhtkonda ja töötajaid intervjuerides ning seadmete vaatlusel. Seadmete kirjeldamiseks on kasutatud erialast

kirjandust. Tehnoloogiliste operatsioonide vaatluse ja etappide mõõtmiste analüüside tulemusel on autor teinud ettepanekud tootmisprotsessi parendamiseks.

Töö on kokku pandud tekstitöötlusprogrammiga Microsoft 365 Word ning mõõtmistulemuste analüüsimiseks on kasutatud andmetöötlusprogrammi Microsoft 365 Excel.

3.1. Raamsaekaatri ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel

Raamsaekaatri varasemate andmete statistika koostati raamsaekaatri operaatori poolt kirja pandud dokumentatsiooni alusel. Dokumentatsiooni andmed on 2020. aasta arvestusest, statistika koostamiseks on arvesse võetud ainult päevad, mil raamsaega opereeriti terve tööpäev, palkide pikkuseks oli 5,4 m, diameetriteks oli 18 – 31 cm ja saekavas olid 66 mm paksusega plangud. Statistika koostati dokumentatsiooni 72 päeval kirja pandud tulemuste järgi.

Tabel 7. Raamsaekaatri 2020. aasta 72 päeva statistika

Andmed	Kokku	Päeva keskmine
Maht, m ³	1275,87	17,720
Palke kokku, tk	4252	59
Kolme planguline palk, tk	1895	26
Kahe planguline palk, tk	2357	33
Plangud kokku, tk	10399	144
Plankude maht, jm	56154	780

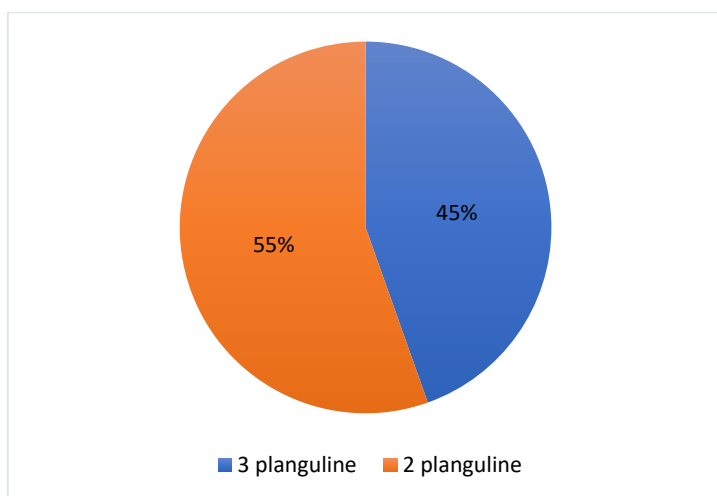
Raamsae dokumentatsiooni andmete põhjal koostatud koondtabeli järgi lahati 72 tööpäeval raamsaekaatriga 1275,87 m³ kuusepalki (tabel 7). Palke oli kokku 4252 tk, mis jagunesid kolme plangulisteks ja kahe plangulisteks. Kolme plangulisi palke oli kokku 1895 tk ja kahe plangulisi 2357 tk. Kokku saadi nendest palkidest 10399 planku, mis teeb plankude kogu mahuks 56154 jm. Raamsaekaatri päevane keskmine lahatud palkide maht oli 17,720 m³, ühes tööpäevas töödeldi aritmeetilise keskmisena 59 palki, millest 26 oli kolme plangulised

ja 33 kahe plangulised. Päevane keskmine toodetud plankude arv oli 144 tk, mis teeb vahetuses 780 jm planku. Raamsaekaatri operaatori sõnul asetavad nad ühte plangupakki 24 planku, selle põhjal arvutatuna $144 / 24 = 6$ plangupakki päevas.

Tabel 8. Raamsaekaatri 2020. aasta ühe vahetuse statistika usalduspiirid

Andmed	95% usaldusintervall	95% alumine usalduspiir	95% ülemine usalduspiir
Maht, m ³	0,77	16,95	18,49
Palke kokku, tk	2,57	56,48	61,63
Kolme planguline palk, tk	5,72	20,60	32,04
Kahe planguline palk, tk	7,27	25,46	40,01
Plangud kokku, tk	5,65	138,78	150,08
Plankude maht, jm	30,49	749,43	810,42

Raamsaekaatri 2020. aasta statistika tulemuste 95 % usaldusintervall mahul on 0,77 m³, palkide arvul 2,57 tk, kolme plangulistel palkidel 5,72 tk, kahe plangulistel palkidel 7,27 tk, nendest saadud plankudel kokku 5,65 tk ja plankude mahul 30,49 jm (tabel 8). Statistika 95 % alumise usalduspiiri järgi on palkide ühe vahetuse maht 16,95 m³, palke kokku 56,48 tk, kolme plangulisi palke 20,60 tk, kahe plangulisi palke 25,46 tk, planke kokku 138,78 tk ja plankude maht 749,43 jm. Raamsaekaatri ühe vahetuse 95 % ülemine usalduspiir on palkide mahul 18,49 m³, palke kokku 61,63 tk, kolme plangulisi on 32,04 tk, kahe plangulisi 40,01 tk, planke kokku 150,08 tk ja plankude maht 810,42 jm.



Joonis 37. 2020. aastal raamsaekaatriga lahatud palkide protsendiline jagunemine.

Kolme plangulised palgid moodustasid raamsaekaatriga lahatud palkidest 45 % ja kahe plangulised palgid moodustasid dokumentatsiooni järgi 55 % neil päevadel lahatud palkidest (joonis 37).

3.2. Lintsaekaater

3.2.1. Lintsaekaatri mõõtmised

Palgi lahkamisel lintsaega mõõdeti tegevused järgnevalt:

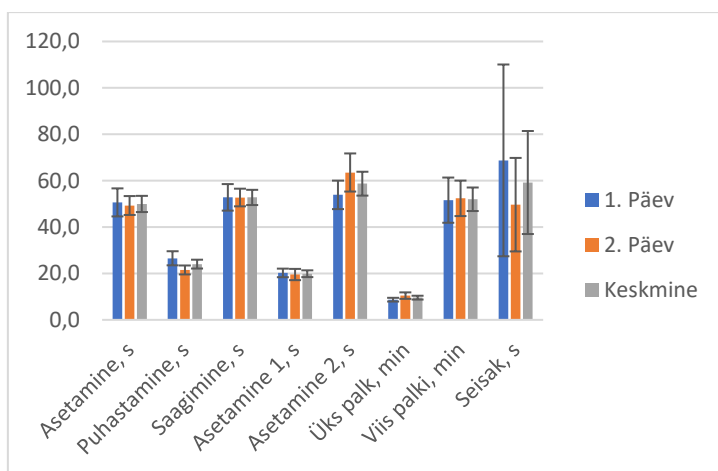
1. Palgi asetamine, õigesse asendisse seadmine ja fikseerimine. Mõõtmine algab, kui operaator asetab palgi ja lõppeb palgi fikseerimisega. Andmete tabelis on etapi koondnimeks „Asetamine“.
2. Palgi puhastamine. Mõõtmine algab eelmise etapi lõpust ja lõppeb, kui palk on puhastatud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Puhastamine“.
3. Palgi saagimine. Mõõtmine algab eelmise etapi lõpust ja lõppeb, kui on lõige on sooritatud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Saagimine“.
4. Servamata laudade asetamine pakki. Mõõtmine algab saagimise lõpust ja lõppeb, kui operaator alustab uut saagimist. Andmete tabelis on etapi nimeks „Asetamine 1“.
5. Plankude asetamine pakki. Mõõtmine algab, kui kõik saagimised on tehtud ja lõppeb, kui plangud on asetatud ning operaator alustab uuesti esimese etapiga. Andmete tabelis on etapi nimeks „Asetamine 2“.
6. Ühe palgi lahkamine. Mõõtmine algab palgi asetamisega tööalale ja lõppeb, kui plangud on asetatud pakki. Andmete tabelis on etapi nimeks „Üks palk“.
7. Lintsaega viie järjestikkuse palgi lahkamine. Mõõtmine algab esimese palgi asetamisega tööalale ja lõppeb, kui viienda palgi plangud on asetatud pakki. Andmete tabelis on mõõtmise nimeks „Viis palki“.

8. Seisak. Mõõtmine algab seisaku alguses ja lõppeb, kui alustatakse esimese järgmise etapiga. Andmete tabelis on mõõtmise nimeks „Seisak“.

Lintsakaatri kahe päeva aritmeetilised mõõtetulemused avalduvad tabelis 9 ja joonisel 38.

Tabel 9. Lintsakaatri mõõtmiste koondtabel

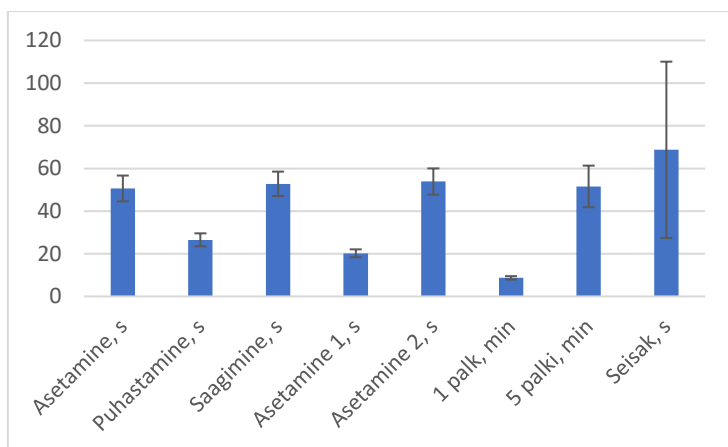
Mõõtmine	Mõõtmispäev		
	1. Päev	2. Päev	Keskmine
Asetamine, s	50,6	49,3	50,0
Puhastamine, s	26,5	21,5	24,0
Saagimine, s	52,8	52,7	52,8
Asetamine 1, s	20,2	19,5	19,9
Asetamine 2, s	53,9	63,5	58,7
Üks palk, min	8,7	10,4	9,6
Viis palki, min	51,6	52,4	52,0
Seisak, s	68,7	49,7	59,2



Joonis 38. Lintsakaatri mõõtmistulemused.

Palgi asetamise, õigesse asendisse paigutamise ja fikseerimise esimese mõõtmispäeva keskmiseks ajakuluks oli 50,6 sekundit (tabel 9). Palgi puhastamine harjaga võttis aega keskmiselt 26,5 sekundit. Ühe pinna, äärelaua või plangu saagimise kestvuseks oli keskmiselt 52,8 sekundit (joonis 39). Servamata äärelaua asetamine pakki kestis 20,2 sekundit ning plankude asetamine pakki 53,9 sekundit. Esimesel mõõtmispäeval oli ühe

palgi lahkamise keskmiseks ajakuluks 8,7 minutit ja viie palgi lahkamiseks 51,6 minutit. Esimesel mõõtmispäeval oli seisakute keskmiseks kestvuseks 68,7 sekundit ehk veidi üle ühe minuti. Eraldiseisvate palkide lahkamise keskmise ajakulu järgi peaks olema viie palgi lahkamiseks kuluv ajakulu väiksem, kui tegelik selleks kuluv aeg. Tegelikul viie palgi lahkamisel tuleb ette ka erinevaid seisakuid, mistõttu on ajakulu suurem.



Joonis 39. Lintsaekaatri esimese mõõtmispäeva mõõtetulemused.

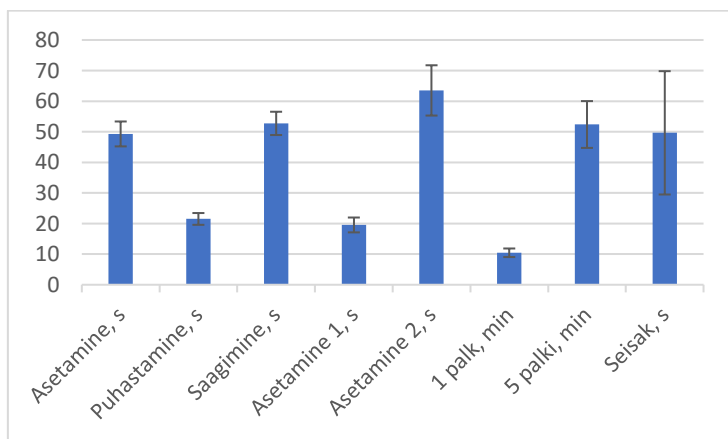
Tabel 10. Lintsaekaatri esimese mõõtmispäeva tulemuste usalduspiirid

Mõõtmine	95% usaldusintervall	95% alumine usalduspiir	95% ülemine usalduspiir
Asetamine, s	6,04	44,58	56,67
Puhastamine, s	3,04	23,50	29,58
Saagimine, s	5,72	47,08	58,52
Asetamine 1, s	1,85	18,38	22,08
Asetamine 2, s	6,14	47,74	60,02
Üks palk, min	0,80	7,91	9,50
Viis palki, min	9,75	41,84	61,34
Seisak, s	41,33	27,41	110,07

Esimese mõõtmispäeva mõõtetulemuste alusel 95 % usaldusintervalliks on asetamisel 6,04 s, puhastamisel 3,04 s, saagimisel 5,72 s, asetamine 1 on 1,85 s, asetamise 2 on 6,14 s, ühel palgil on 0,80 min, viiel palgil 9,57 min ja seisakul 41,33 s (tabel 10). Aritmeetilised keskmised on kirjeldatud tabelis 8 ning nendest lähtuvalt on 95 % alumiseks usalduspiiriks palgi asetamisel 44,58 s, puhastamisel 23,50 s, saagimisel 47,08 s, asetamisel 1 on 18,38 s, asetamisel 2 on 47,74 s, ühe palgi lahkamisel 7,91 min, viie palgi lahkamisel 41,84 min ja

seisakutel 27,41 s. Esimese mõõtmispäeva 95 % ülemine usalduspiir palgi asetamisel on 56,67 s, puhastamisel 29,58 s, saagimisel 58,52 s, asetamisel 1 on 22,08 s, asetamisel 2 on 60,02 s, ühe palgi lahkamisel 9,50 min, viie palgi lahkamisel 61,34 min ja seisakutel 110,07 s.

Teisel mõõtmispäeval keskmine ajakulu palgi asetamisele, puhastamisele, ühele saagimisele ja äärelaua asetamisele – asetamine 49,3 sekundit, puhastamine 21,5 sekundit, saagimine 52,7 sekundit ja äärelaua asetamine 19,5 sekundit (tabel 8). Teisel päeval kestis plankude asetamine keskmiselt 63,5 sekundit ehk pisut üle minuti (joonis 40). Teisel päeval kulus plankude asetamisele, ühe palgi lahkamisele ja viie palgi lahkamisele rohkem aega, kui esimesel päeval – plankude asetamine 63,5 sekundit, ühe palgi lahkamine 10,4 minutit ja viie palgi lahkamine 52,4 minutit. Teise mõõtmispäeva seisakud kestsid lühemalt, kui esimesel päeval, täpsemalt 49,7 sekundit. Esimese ja teise mõõtmispäeva keskmiseks ajakuluks palgi asetamisele oli 50 sekundit, puhastamisele kulus keskmiselt 24 sekundit, ühele saagimisoperatsioonile kulus 52,8 sekundit, äärelaua asetamise kestvus oli 19,9 sekundit ja ühe palgi plankude asetamisele kulus keskmiselt 58,7 sekundit. Ühe palgi lahkamisele kulus kahe päeva kokkuvõttes 9,6 minutit, viie palgi lahkamisele 52 minutit ja üks seisak oli keskmiselt 59,2 sekundit.

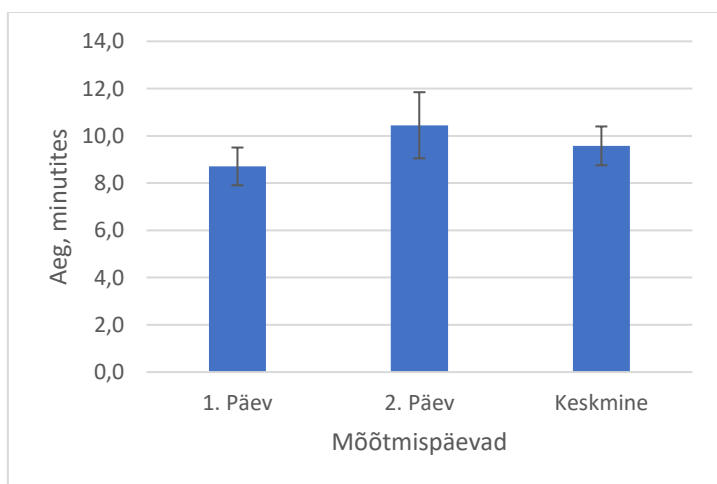


Joonis 40. Lintsackaatri teise mõõtmispäeva mõõtetulemused.

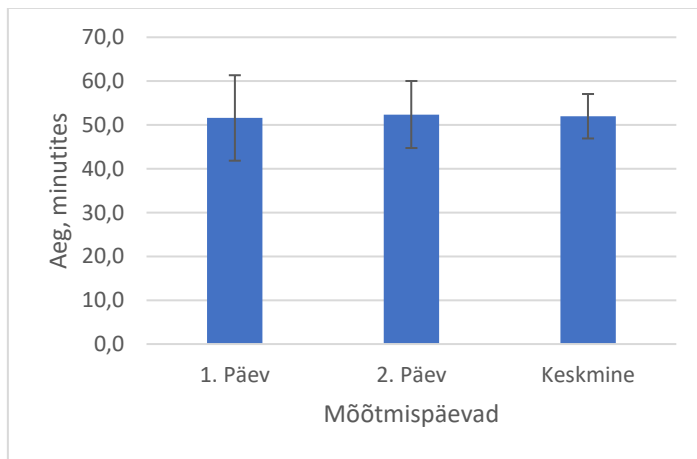
Tabel 11. Lintsaekaatri teise mõõtmispäeva tulemuste usalduspiirid

Mõõtmine	95% usaldusintervall	95% alumine usalduspiir	95% ülemine usalduspiir
Asetamine, s	4,07	45,22	53,36
Puhastamine, s	1,93	19,58	23,44
Saagimine, s	3,80	48,93	56,54
Asetamine 1, s	2,43	17,11	21,97
Asetamine 2, s	8,22	55,30	71,73
Üks palk, min	1,40	9,05	11,85
Viis palki, min	7,65	44,73	60,02
Seisak, s	20,15	29,50	69,80

Teise mõõtmispäeva mõõtetulemuste alusel 95 % usaldusintervalliks on asetamisel 4,07 s, puhastamisel 1,94 s, saagimisel 3,80 s, asetamine 1 on 2,43 s, asetamise 2 on 8,22 s, ühel palgil on 1,40 min, viiel palgil 7,65 min ja seisakutel 20,15 s (tabel 11). Aritmeetilised keskmised on kirjeldatud tabelis 8 ning nendest lähtuvalt on 95 % alumiseks usalduspiiriks palgi asetamisel 45,22 s, puhastamisel 19,58 s, saagimisel 48,93 s, asetamisel 1 on 17,11 s, asetamisel 2 on 55,30 s, ühe palgi lahkamisel 9,05 min, viie palgi lahkamisel 44,73 min ja seisakutel 29,50 s. Teise mõõtmispäeva 95 % ülemine usalduspiir palgi asetamisel on 53,36 s, puhastamisel 23,44 s, saagimisel 56,54 s, asetamisel 1 on 21,97 s, asetamisel 2 on 70,73 s, ühe palgi lahkamisel 11,85 min, viie palgi lahkamisel 60,02 min ja seisakutel 69,80 s.

**Joonis 41.** Lintsaekaatri ühe palgi lahkamiseks kuluv aeg.

Ühe palgi lahkamise mõõtmine algas palgi asetamisega ja lõppes, kui plangud on asetatud pakki. Lintsaekaatri esimese mõõtmispäeva tulemuste aritmeetilise keskmisena kulus ühe palgi lahkamiseks 8,7 minutit ja teisel päeval 10,4 minutit (joonis 41). Mõlema päeva kokkuvõttel oli ühe palgi lahkamise aritmeetiliselt keskmiseks ajakulaks 9,6 minutit. Teisel päeval kulus aega rohkem, kuna lahatavad palgid olid suuremate läbimõõtudega. Suurema läbimõõduga palkidest saab rohkem servamata lauda ja planku, seetõttu tuleb sooritada ka rohkem saagimise tööoperatsioone. Mida rohkem tekib servamata lauda, seda rohkem tuleb neid asetada ka pakki, sama kehtib ka plankude puhul. Suurema läbimõõduga palkidel on ka plangud raskemad ning seetõttu on neid ka keerulisem asetada pakki. Esimesel mõõtmispäeval oli ühe palgi lahkamisele väikseim ajakulu 7,2 minutit ja suurim 13,1 minutit. Teisel päeval vastavad ajakulud 7 minutit ja 17,8 minutit.



Joonis 42. Lintsaekaatriga viie palgi lahkamiseks kuluv aeg.

Viie järjestikkuse palgi lahkamine algas esimese palgi asetamisega ja lõppes, kui viienda palgi plangud olid asetatud pakki. Esimesel mõõtmispäeval kulus keskmiselt viie palgi lahkamiseks 51,6 minutit ja teisel päeval 52,4 minutit (joonis 42). Mõlema päeva kokkuvõttes oli viie palgi lahkamise keskmiseks ajakulaks 52 minutit. Kuigi teisel päeval kulus ühe palgi lahkamiseks keskmiselt oluliselt rohkem aega, kui esimesel päeval, siis viie palgi lahkamise tulemused on siiski suhteliselt võrdsed. Nagu ka tabelist 8 on näha, siis teise päeva seisakute kestvus oli palju väiksem, kui esimesel päeval. Mida väiksema ajakuluga on erinevad seisakud, seda kiiremini saavad ka palgid lahatud. Esimesel mõõtmispäeval oli viie

palgi lahkamisele väikseim ajakulu 45,2 minutit ja suurim 65,9 minutit. Teisel päeval vastavad ajakulud 48,6 minutit ja 63,9 minutit.

3.2.2. Lintsaekaatri ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel

Lintsaekaatri varasemate andmete statistika koostati lintsaekaatri operaatori poolt kirja pandud dokumentatsiooni alusel. Dokumentatsiooni andmed on 2020. aasta arvestusest, statistika koostamiseks on arvesse võetud ainult päevad, mil lintsaega opereeriti terve tööpäev, palkide pikkuseks oli 5,5 m ja saekavas olid 66 mm paksusega plangud. Statistika koostati dokumentatsiooni 20 päeval kirja pandud tulemuste järgi.

Tabel 12. Lintsaekaatri 2020. aasta 20 päeva statistika

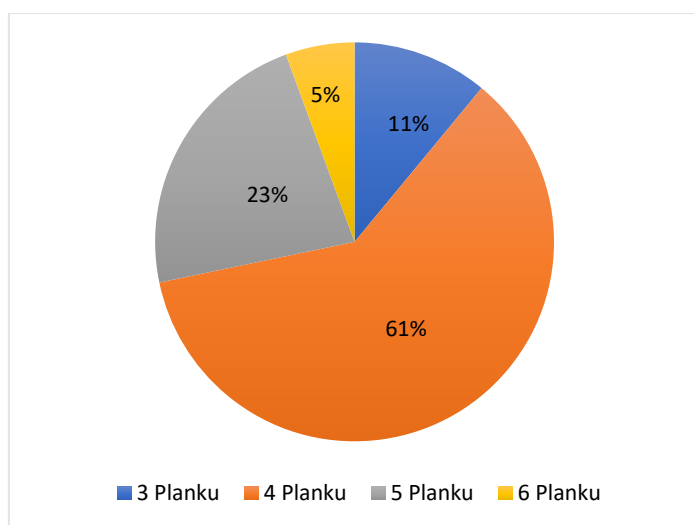
Andmed	Kokku	Päeva keskmine
Maht, m ³	376,304	18,815
Palke kokku, tk	609	30
Kolme planguline, tk	67	3
Nelja planguline, tk	370	19
Viie planguline, tk	138	7
Kuue planguline, tk	34	2
Plangud kokku, tk	2575	129
Plankude maht, jm	13905	696

Lintsaekaatri dokumentatsiooni andmete põhjal koostatud koondtabeli järgi lahati 20 tööpäeval lintsaekaatriga 376,304 m³ kuusepalki (tabel 12). Palke oli kokku 609, mis jagunesid kolme, nelja, viie ja kuue plangulisteks. Kolme plangulisi palke oli kokku 67 tk, nelja plangulisi 370 tk, viie plangulisi 136 tk ja kuue plangulisi palke oli 34 tk. Kokku saadi nendest palkidest 2575 planku, mis teeb plankude mahuks 13905 jm. Lintsaekaatri tööpäeva keskmine lahatud palkide maht oli 18,815 m³, ühes tööpäevas töödeldi keskmiselt 30 palki, millest 3 olid kolme plangulised, 19 nelja plangulised, 7 viie plangulised ja 2 kuue plangulised. Päevane keskmine toodetud plankude arv oli 129 tk, mis on 696 jm planke. Lintsaekaatri operaatori sõnul asetavad nad ühte plangupakki 24 planku, selle põhjal arvutatuna $129 / 24 = 5,4$ plangupakki päevas.

Tabel 13. Lintsaekaatri 2020. aasta ühe vahetuse statistika usalduspiirid

Andmed	95% usaldusintervall	95% alumine usalduspiir	95% ülemine usalduspiir
Maht, m ³	1,7	17,1	20,5
Palke kokku, tk	3,1	27,3	33,6
Kolme planguline, tk	3,4	0	6,8
Nelja planguline, tk	3,6	14,9	22,1
Viie planguline, tk	1,3	5,6	8,2
Kuue planguline, tk	0,7	1,0	2,4
Plangud kokku, tk	12,7	116,1	141,4
Plankude maht, jm	68,5	626,8	763,7

Lintsaekaatri 2020. aasta statistika tulemuste 95 % usaldusintervall mahul on 1,7 m³, palkide arvul 3,1 tk, kolme plangulistel palkidel 3,4 tk, nelja plangulistel palkidel 3,6 tk, viie plangulistel 1,3 tk ja kuue plangulistel palkidel 0,7 tk. Nendest saadud plankudel kokku 12,7 tk ja plankude mahul 68,5 jm (tabel 13). Statistika 95 % alumise usalduspiiri järgi on palkide ühe vahetuse maht 17,1 m³, palke kokku 27,3 tk, kolme plangulisi 0 tk, nelja plangulisi palke 14,6 tk, viie plangulisi palke 5,5 tk ja kuue plangulisi palke 1 tk. Planke kokku 116 tk ja plankude maht 626,8 jm. Lintsaekaatri ühe vahetuse 95 % ülemine usalduspiir on palkide mahul 20,5 m³, palke kokku 33,6 tk, kolme plangulisi on 6,7 tk, nelja plangulisi 22,1 tk, viie plangulisi palke on 8,2 tk ja kuue plangulisi 2,4 tk. Planke kokku 141,4 tk ja plankude maht 763,7 jm.

**Joonis 43.** 2020. aastal lintsaekaatriga lahatud palkide protsendiline jagunemine.

Kolme plangulised palgid moodustasid raamsaekaatriga lahatud palkidest 11 %, nelja plangulised 61 %, viie plangulised 23 % ja kuue plangulised palgid moodustasid dokumentatsiooni järgi vaid 5 % neil päevadel lahatud palkidest (joonis 43).

3.3. Servamismasin

3.3.1 Servamismasina mõõtmised

Servamismasina analüüsil mõõdeti tegevusi järgnevalt:

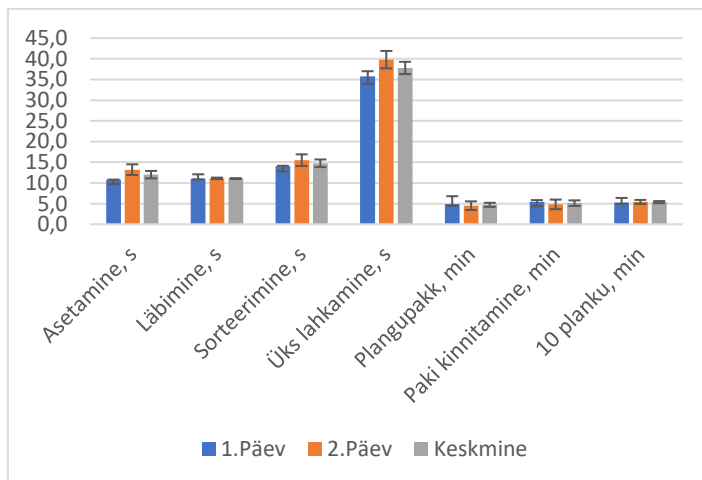
1. Servamata plangu asetamine rull-lauale ning selle paigutamine. Mõõtmine algab, kui masina operaator võtab kätte plangu ja asetab selle töölauale ning lõppeb plangu sisestamisega seimri vastuvõtuavasse. Andmete tabelis on selle etapi koondnimeks „Asetamine“.
2. Materjali läbimine servamismasinast. Mõõtmine algab, kui materjal on sisestatud seimri vastuvõtuavasse ja lõppeb, kui materjal on täielikult masinast väljunud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Läbimine“.
3. Servade eemaldamine ja materjalide asetamine pakkidesse. Mõõtmine algab, kui materjal on täielikult masinast väljunud ja lõppeb, kui materjalid on asetatud erinevatesse pakkidesse. Andmete tabelis on etapi koondnimeks „Sorteerimine“.
4. Ühe plangu lahkamine. Mõõtmine algab, kui operaator võtab kätte plangu ja lõppeb, kui materjal on sorteeritud. Andmete tabelis on etapi koondnimeks „Üks lahkamine“.
5. Servamata materjali juurdevedu. Mõõtmine algab, kui servamata materjali viimane plank on seimri läbinud ja sorteeritud ning etapp lõppeb, kui plangupakk on seimri juures ja operaator saab alustada esimese etapi tegevusega. Andmete tabelis on etapi koondnimeks „Plangupakk“.
6. Pakkide kinnitamine. Mõõtmine algab viimase materjali pakki asetamisega ja lõppeb, kui käru on ilma materjalita tagasi positsioonis. Andmete tabelis on etapi nimeks „Paki kinnitamine“.

7. Kümme järjestikkust planku. Mõõtmine algab, kui masina operaator võtab kätte esimese plangu ja lõpeb, kui kümnenda lahatud plangu materjal on sorteeritud. Andmete tabelis on mõõtmise nimeks „10 planku“.

Seimri kahe päeva aritmeetilised mõõtetulemused avalduvad tabelis 14 ja joonisel 44.

Tabel 14. Seimri mõõtmiste koondtabel

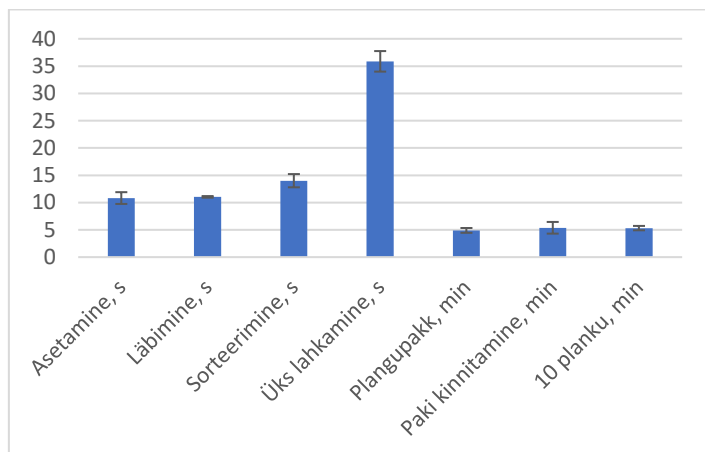
Mõõtmine	Mõõtmispäev		
	1.Päev	2.Päev	Keskmine
Asetamine, s	10,8	13,2	12,0
Läbimine, s	11,0	11,1	11,1
Sorteerimine, s	14,0	15,5	14,8
Üks lahkamine, s	35,8	39,8	37,8
Plangupakk, min	4,9	4,5	4,7
Paki kinnitamine, min	5,4	4,8	5,1
10 planku, min	5,3	5,4	5,4



Joonis 44. Servamisoperatsioonide mõõtmistulemused.

Seimri operaatoril kulus esimesel mõõtmispäeval plangu asetamisele ja seimrisse sisestamisele keskmiselt 10,8 sekundit, plangu läbimine kestis esimesel päeval keskmiselt 11 sekundit ja abitöötajatel kulus materjali sorteerimisele 14 sekundit (tabel 14). Ühe plangu keskmine lahkamisaeg asetamisest kuni sorteerimise lõpuni oli 35,8 sekundit. Uue plangupaki toomiseks seimri juurde kulus esimesel päeval keskmiselt 4,9 minutit, servatud

materjalipaki kinnitamiseks kulus 5,4 minutit ja 10 plangu läbistamise ajakuluks oli 5,3 minutit (joonis 45).



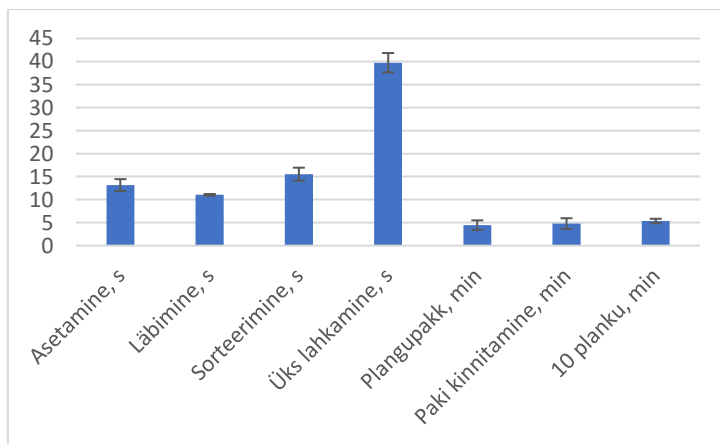
Joonis 45. Servamisoperatsiooni esimese mõõtmispäeva tulemused.

Tabel 15. Servamisoperatsiooni esimese mõõtmispäeva mõõtmiste usalduspiirid

Mõõtmine	95 % usaldusintervall	95 % alumine usalduspiir	95 % ülemine usalduspiir
Asetamine, s	1,08	9,75	11,90
Läbimine, s	0,14	10,90	11,19
Sorteerimine, s	1,21	12,79	15,22
Üks lahkamine, s	1,88	33,99	37,75
Plangupakk, min	0,44	4,46	5,34
Paki kinnitamine, min	1,07	4,31	6,45
10 planku, min	0,40	4,92	5,72

Servamisoperatsiooni esimese mõõtmispäeva 95 % usaldusintervall asetamisel on 1,08 s, läbimisel 0,14 s, sorteerimisel 1,21 s, ühel lahkamisel 1,88 s, plangupaki toomisel 0,44 min, paki kinnitamisel 1,07 min ja kümne plangu lahkamisel 0,40 min (tabel 15). Esimese mõõtmispäeva 95 % alumine usalduspiir asetamisel on 9,75 s, läbimisel 10,90 s, sorteerimisel 12,79 s, ühel lahkamisel 33,99 s, plangupaki toomisel 4,46 min, paki kinnitamisel 4,31 min ja kümne plangu lahkamisel 4,92 min. Servamisoperatsiooni 95 % ülemine usalduspiir esimesel mõõtmispäeval plangu asetamisel on 11,90 s, läbimisel 11,19 s, sorteerimisel 15,22 s, ühel lahkamisel 37,75 s, plangupaki toomisel 5,34 min, paki kinnitamisel 6,45 min ja kümne plangu lahkamisel 5,72 min.

Teisel päeval võttis plangu asetamine keskmiselt aega 13,2 sekundit, läbimine 11,1 sekundit, sorteerimine 15,5 sekundit ja ühe plangu lahkamiseks kulus keskmiselt 39,8 sekundit (tabel 14). Uue plangupaki toomine võttis aega 4,5 minutit, mille ajakulu oli väiksem, kui esimesel päeval. Seda seetõttu, et need plangupakid toodi kohale tõstukiga ja asetati materjalikärule, töötajad ei pidanud ise enda füüsilist jõudu kasutama. Teisel päeval kulus paki sidumiseks 4,8 minutit ja 10 plangu lahkamise ajakuluks oli 5,4 minutit. Kahe päeva keskmised ajakulud asetamisele, läbimisele ja sorteerimisele olid järgmised – asetamine 12 sekundit, läbimine 11,1 sekundit ja sorteerimine 14,8 sekundit. Kahe mõõtmispäeva keskmine ajakulu ühe plangu läbimisele 37,8 sekundit, plangupaki toomisele 4,7 minutit, paki kinnitamisele 5,1 minutit ja 10 plangu läbimisele 5,4 minutit (joonis 46).

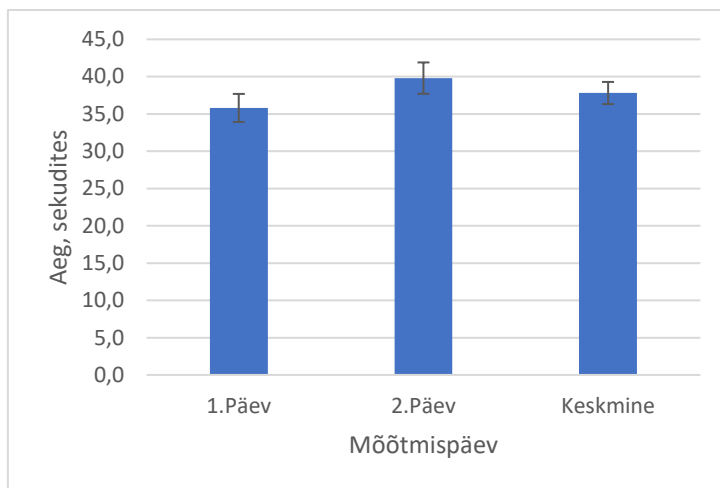


Joonis 46. Servamisoperatsiooni teise mõõtmispäeva tulemused.

Tabel 16. Servamisoperatsiooni teise mõõtmispäeva mõõtmiste usalduspiirid

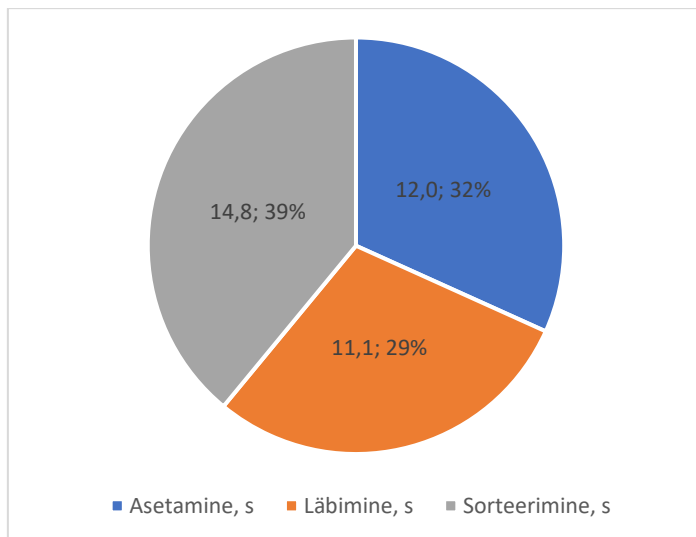
Mõõtmine	95 % usaldusintervall	95 % alumine usalduspiir	95 % ülemine usalduspiir
Asetamine, s	1,30	11,87	14,46
Läbimine, s	0,18	10,87	11,23
Sorteerimine, s	1,41	14,13	16,95
Üks lahkamine, s	2,10	37,65	41,86
Plangupakk, min	1,04	3,42	5,50
Paki kinnitamine, min	1,16	3,64	5,96
10 planku, min	0,49	4,87	5,85

Servamisoperatsiooni teise mõõtmispäeva 95 % usaldusintervall asetamisel on 1,30 s, läbimisel 0,18 s, sorteerimisel 1,41 s, ühel lahkamisel 2,10 s, plangupaki toomisel 1,04 min, paki kinnitamisel 1,16 min ja kümne plangu lahkamisel 0,49 min (tabel 16). Teise mõõtmispäeva 95 % alumine usalduspiir asetamisel on 11,87 s, läbimisel 10,87 s, sorteerimisel 14,13 s, ühel lahkamisel 37,65 s, plangupaki toomisel 3,42 min, paki kinnitamisel 3,64 min ja kümne plangu lahkamisel 4,87 min. Servamisoperatsiooni 95 % ülemine usalduspiir esimesel mõõtmispäeval plangu asetamisel on 14,46 s, läbimisel 11,23 s, sorteerimisel 16,95 s, ühel lahkamisel 41,86 s, plangupaki toomisel 5,50 min, paki kinnitamisel 5,96 min ja kümne plangu lahkamisel 5,85 min.



Joonis 47. Ühe plangu lahkamise ajakulu.

Ühe plangu lahkamise mõõtmine algas seimri operaatoril plangu kätte võtmisega ja asetamisega rull-lauale ning lõppes, kui servatud materjal oli sorteeritud. Seimri esimese mõõtmispäeva tulemuste aritmeetilise keskmisena kulus ühe plangu lahkamiseks 35,8 sekundit ja teisel päeval 39,8 sekundit (joonis 47). Mõlema päeva kokkuvõttel oli ühe plangu lahkamise keskmiseks ajakuluks 37,8 sekundit. Teisel mõõtmispäeval olid eelnevatel tegevustel ajakulu suurem, kui esimesel mõõtmispäeval. Seda seepärast, et plangud toodi lintsae juurest ja need olid veidi laiemad ja raskemad, kui esimesel päeval, mis olid saetud raamsaekaatriks.



Joonis 48. Ühe plangu lahkamisel erinevate toimingute jaotumine.

Ühe plangu lahkamisel võtab asetamine aega keskmiselt 12 sekundit ja see moodustab plangu töötlemise ajast 32 %, järgmiseks tegevuseks plangu töötlemisel on selle läbimine, mis võtab aega 11,1 sekundit ja moodustab kogu ajast 29 % (joonis 48). Peale plangu seimri läbimist tuleb see sorteerida, selle keskmine ajakulu on 14,8 sekundit ja ühtlasi moodustab kõige suurema osa plangu seimerdamisel ehk 39 %.

3.3.2 Servamismasina ühe vahetuse arvutatud tootlikkus

Ühes plangupakis on saekaatrite operaatorite sõnul 24 planku, 10 plangu servamiseks kulub 5,4 minutit. Selleks, et leida 24 plangu servamiseks kuluv aeg, tuleb esmalt jagada $24 / 10 = 2,4$, seejärel korrutada see 10 plangu töötlemiseks kuluva ajaga $5,4 \cdot 2,4 = 12,96$ minutit ehk ühe plangupaki materjali servamiseks kulub 13 minutit. Tuleb arvestada, et uue plangupaki toomiseks kulub 4,7 minutit. Kui liita ühe plangupaki töötlemiseks kuluva ajale ka selle paki kohaletoimetamise aeg, siis saame selleks ajaks 17,7 minutit. Üks servatud materjalipakk saab tootmisjuhi sõnul täis umbes iga kolme plangupaki servamise järel. Ühe materjalipaki täis saamiseks kulub 3 plangupakki, ehk $3 \cdot 17,7 = 53,1$ minutit. Sellele liidame juurde materjalipaki kinnitamise aja, siis saame $53,1 + 5,1 = 58,2$ minutit ehk umbes 1 tund. Sellest järeldades on ühe tunni tootlikkus üks kuivatamisse materjalipakk, mis on saadud

kolmest plangupakist ja ühe tööpäeva tootlikkuseks on $3 \cdot 8 = 24$ plangupakki, mis teeb plankudes $24 \cdot 24 = 576$ planku, mis on 3110 jm.

3.3.3. Servamismasina ühe vahetuse tootlikkus dokumentatsiooni alusel

Seimri operaatori poolt kirja pandud dokumentatsiooni alusel koostati päevane keskmine tootlikkus m^3 -tes. Dokumentatsiooni andmed on 2020. aasta arvestusest, tulemuse koostamiseks on arvesse võetud ainult päevad, mil seimriga opereeriti terve tööpäev, plankude pikkuseks oli 5,5 m ja 66 mm paksusega plangud. Statistika koostati dokumentatsiooni 29 päeval kirja pandud tulemuste järgi.

Tabel 17. Seimri 2020. aasta 23 päeva tootlikkuse aritmeetiline keskmine

	Maht, m^3	Pakkide arv, tk
Päevane keskmine	31,7	8

Seimri operaatori poolt kirja pandud tulemuste järgi on seimri päevaseks keskmiseks toodangumahuks $31,7 \text{ m}^3$ ja keskmiselt toodetakse päevas kuivatamisse 8 pakki servatud materjali (tabel 17). Suurim päevane toodangumaht oli dokumentatsiooni alusel $41,288 \text{ m}^3$ servatud materjali, sel päeval toodeti seimriga kokku 10 kuivatipakki.

3.4. Nelikanthöövli tootlikkus

3.4.1 Gubisch 170 BS 170/6

Nelikanthöövli tootlikkuse arvutamiseks on kasutatud erialasest kirjandusest „Puidutöötluspingid“ pärit valemit. Nelikanthöövliga hõoveldamisel oleneb tootlikkus enamasti hõövli eendekiirusest ja sellest, kui mitu korda toorikut läbistatakse, seetõttu kasutati tootlikkuse leidmiseks ka valemit. Tunnitootlikkuse arvutamiseks nelikanthöövlile Gubisch 170 BS 170/6 on kasutatud valemit:

$$A = \frac{T \cdot u \cdot K_t \cdot K_m \cdot n}{L \cdot m} \text{ tk/h (Pilšikov 1989)}$$

kus:

T – aeg, min;

u – eendekiirus, m/min;

K_t – tööaja kasutamistegur;

K_m – masinaaja kasutamistegur;

n – korraga töödeldavate toorikute arv, tk;

L – tooriku pikkus, m;

m – läbingute arv, korda.

Tunnitootlikkuse arvutamiseks on ajaks T 1 tund ehk 60 min. Eendekiiruse saamiseks teostati hõõveldamisel 20 mõõtmist, mille tulemusel oli 5,5 m pikkuse materjali liikumisel aritmeetilise keskmise liikumise ajakulaks 18,84 s. Selle mõõtmise alusel arvutatud eendekiiruseks u on 17,5 m/min. Tööaja kasutamistegur K_t ja masinaaja kasutamistegur K_m on võetud raamatust „Puidutöötluspingid“. Mõlemate tegurite vahemik on 0,8 – 0,9 ning konkreetse tootlikkuse arvutamiseks on valitud mõlemad tegurid 0,88. Korraga töödeldavate toorikute arvuks n ja läbingute arvuks m on 1 kord. Toorikute keskmiseks pikkuseks L on 5,5 m. Eelnevate andmete põhjal on nelikanthöövli Gubisch 170 BS 170/6 arvutuslik tunnitootlikkus järgmine:

$$A = \frac{60 \cdot 17,5 \cdot 0,88 \cdot 0,88 \cdot 1}{5,5 \cdot 1} = 148 \text{ tk/h}$$

Valemiga arvutatud tunnitootlikkuseks on 148 tk/h.

3.4.2 +GF+ Brugg

Tunnitootlikkuse arvutamiseks nelikanthöövlile +GF+ Brugg on kasutatud sama valemit nagu eelnevale hõövlile (Gubisch 170). Tunnitootlikkuse arvutamiseks on ajaks T 1 tund ehk 60 min. Eendekiiruse saamiseks teostati hõõveldamisel 20 mõõtmist, mille tulemusel oli 5,5

m pikkuse materjali liikumisel aritmeetilise keskmise liikumise ajakuluks 26,70 s. Selle mõõtmise alusel arvutatud eendekiiruseks u on 12,4 m/min. Tööaja kasutamistegur K_t ja masinaaja kasutamistegur K_m on võetud raamatust „Puidutöötluspingid“. Mõlemate tegurite vahemik on 0,8 – 0,9 ning konkreetse tootlikkuse arvutamiseks on valitud mõlemad tegurid 0,86. Korraga töödeldavate toorikute arvuks n ja läbingute arvuks m on 1 kord. Toorikute keskmiseks pikkuseks L on 5,5 m. Eelnevate andmete põhjal on nelikanthöövli +GF+ Brugg arvutuslik tunnitootlikkus järgmine:

$$A = \frac{60 \cdot 12,4 \cdot 0,86 \cdot 0,86 \cdot 1}{5,5 \cdot 1} = 100 \text{ tk/h}$$

Valemiga arvutatud tunnitootlikkuseks on 100 tk/h.

3.5. Järkamissaag

3.5.1 Järkamissae mõõtmised

Järkamissae analüüsil mõõdeti tegevusi järgmiselt:

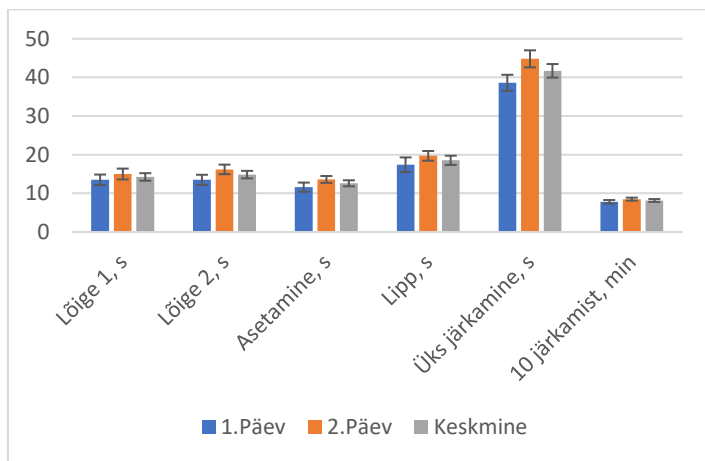
1. Esimese otsa saagimine. Mõõtmine algab, kui järkajad on võtnud kätte materjali ja lõppeb, kui esimene ots on saetud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Lõige 1“.
2. Teise otsa saagimine. Mõõtmine algab sobiva mõõdu valikuga ja lõppeb, kui materjal on pikkusesse järgatud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Lõige 2“.
3. Pakki asetamine. Mõõtmine algab, kui materjal on pikkusesse järgatud ja lõppeb, kui materjal on asetatud pakki. Andmete tabelis on etapi nimeks „Asetamine“.
4. Lippide asetamine. Mõõtmine algab, kui ritta asetatakse viimane materjal ja lõppeb, kui lipid on asetatud. Andmete tabelis on etapi nimeks „Lipp“.
5. Üks järkamise operatsioon. Mõõtmine algab, kui võetakse esimene materjalikogus kätte ja lõppeb, kui materjalikogus on järgatud ning asetatud pakki. Andmete tabelis on mõõtmise nimeks „Üks järkamine“.

6. Järjestikkused järkamised. Mõõtmine algab, kui võetakse esimene materjalikogus kätte ja lõppeb, kui kümnenda materjalikoguse järgatud materjal on asetatud pakki. Andmete tabelis on mõõtmise nimeks „10 järkamist“.

Järkamissae kahe päeva aritmeetilised mõõtetulemused avalduvad tabelis 18 ja joonisel 49.

Tabel 18. Järkamissae mõõtmiste koondtabel

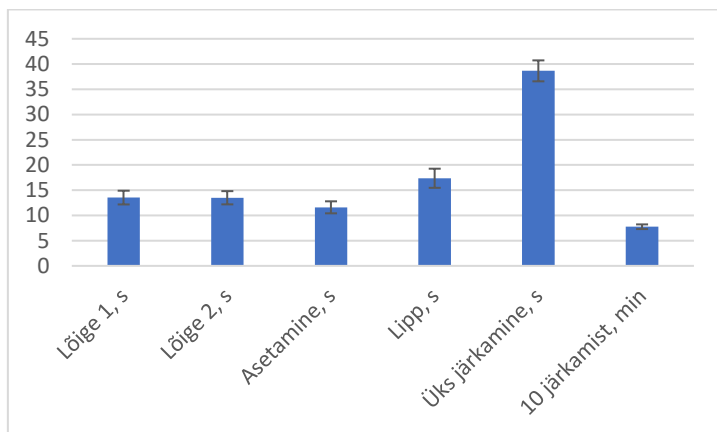
Mõõtmine	Mõõtmispäev		
	1.Päev	2.Päev	Keskmine
Lõige 1, s	13,5	15	14,3
Lõige 2, s	13,5	16,2	14,9
Asetamine, s	11,6	13,6	12,6
Lipp, s	17,4	19,7	18,6
Üks järkamine, s	38,6	44,8	41,7
10 järkamist, min	7,8	8,5	8,2



Joonis 49. Järkamise operatsiooni mõõtmistulemused.

Mõõtmise esimesel päeval oli materjali esimese otsa lõike ajakulaks 13,5 sekundit, teise lõike jaoks kulus samuti 13,5 sekundit ning järgatud materjalikoguse asetamine võttis keskmisel aega 11,6 sekundit (tabel 18). Ridade vahele lippide asetamise ajakulaks oli 17,4 sekundit ja kokku võttis ühe materjalikoguse järkamine koos asetamisega aega keskmiselt

38,6 sekundit (joonis 50). Kümne materjalikoguse järkamiseks kulus aega esimesel mõõtmispäeval 7,8 minutit.



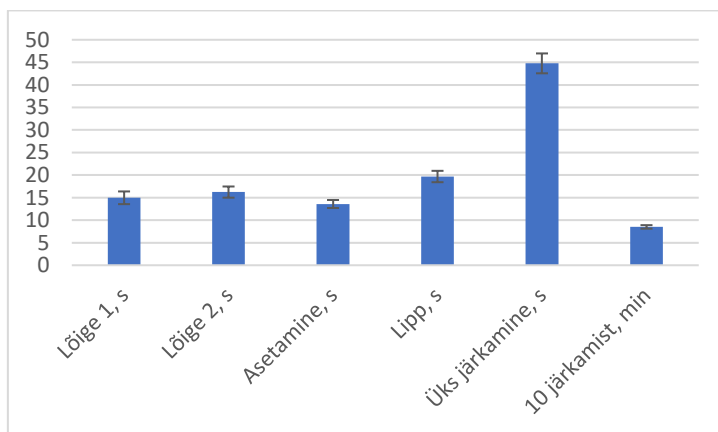
Joonis 50. Järkamise operatsiooni esimese mõõtmispäeva mõõtmistulemused.

Tabel 19. Järkamise operatsiooni esimese mõõtmispäeva usalduspiirid

Mõõttmine	95 % usaldusintervall	95 % alumine usalduspiir	95 % ülemine usalduspiir
Lõige 1, s	1,36	12,18	14,90
Lõige 2, s	1,31	12,19	14,82
Aetamine, s	1,19	10,42	12,80
Lipp, s	1,90	15,47	19,26
Üks järkamine, s	2,07	36,57	40,72
10 järkamist, min	0,46	7,30	8,22

Järkamise operatsiooni esimese mõõtmispäeva mõõtetulemuste 95 % usaldusintervall lõikel 1 on 1,36 s, teisel lõikel 1,31 s, materjali pakki asetamisel 1,19 s, lippide asetamisel 1,90 s, ühel järkamise operatsioonil 2,07 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 0,46 min (tabel 19). Esimese mõõtmispäeva 95 % alumine usalduspiir lõikel 1 on 12,18 s, teisel lõikel 12,19 s, materjali pakki asetamisel 10,42 s, lippide asetamisel 15,47 s, ühel järkamise operatsioonil 36,57 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 7,30 min. Mõõtetulemuste 95 % ülemine usalduspiir lõikel 1 on 14,90 s, teisel lõikel 14,82 s, materjali pakki asetamisel 12,80 s, lippide asetamisel 19,26 s, ühel järkamise operatsioonil 40,72 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 8,22 min.

Teisel mõõtmispäeval keskmine ajakulu lõikele 1, lõikele 2, asetamisele ja lippidele oli veidi suurem, kui esimesel päeval – lõikele 1 kulus 15 sekundit, lõikele 2 kulus 16,2 sekundit, asetamisele 13,6 sekundit ja lippidele 19,7 sekundit (tabel 18). Eelnevate tegevuste ajakulu oli teisel päeval pikem, sest siis töödeldi korraga nelja materjali, kuid esimesel päeval kahte. Teisel mõõtmispäeval oli ühe materjalikoguse järkamise keskmiseks ajakuluks 44,8 sekundit ja kümnele materjalikoguse järkamisele kulus 8,5 minutit (joonis 51), need ajakulud olid samuti suuremad, kui esimesel päeval. Kahe mõõtmispäeva keskmiseks ajakuluks lõikele 1 oli 14,3 sekundit, lõikele kaks 14,9 sekundit ja asetamisele 12,6 sekundit. Lippide asetamine võttis kahe päeva keskmiselt aega 18,6 sekundit ja ühe materjalikoguse järkamise ajakuluks oli 41,7 sekundit. Kümne materjalikoguse järkamine võttis kahe päeva keskmiselt aega 8,2 minutit.

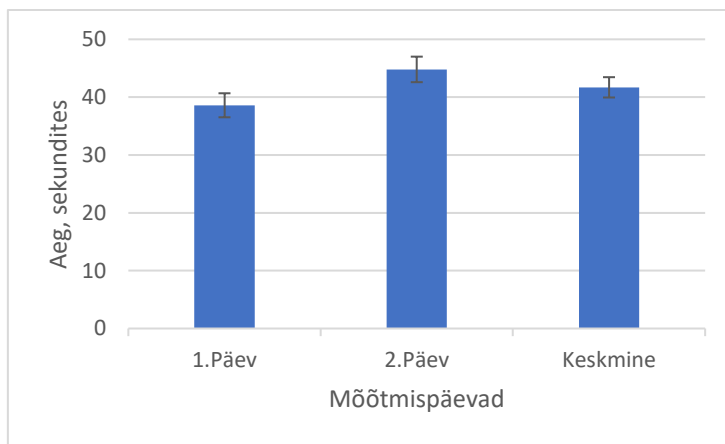


Joonis 51. Järkamise operatsiooni teise mõõtmispäeva mõõtmistulemused.

Tabel 20. Järkamise operatsiooni esimese mõõtmispäeva usalduspiirid

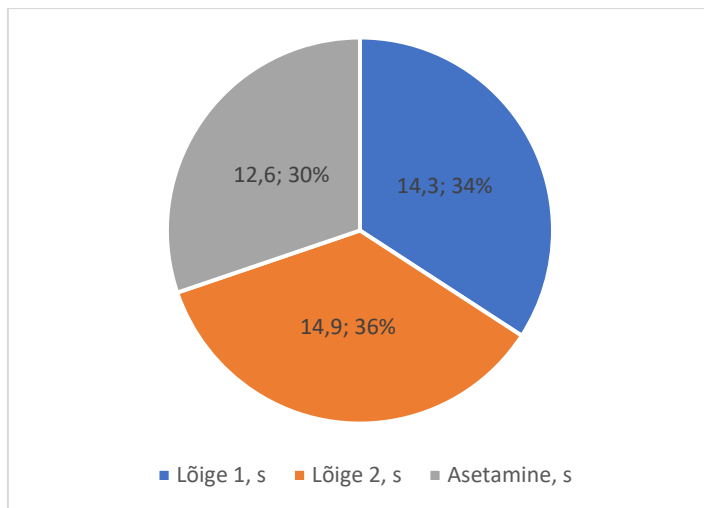
Mõõtmine	95% usaldusintervall	95% alumine usalduspiir	95% ülemine usalduspiir
Lõige 1, s	1,41	13,55	16,37
Lõige 2, s	1,24	14,98	17,46
Aetamine, s	0,89	12,69	14,47
Lipp, s	1,26	18,41	20,94
Üks järkamine, s	2,21	42,56	46,97
10 järkamist, min	0,39	8,11	8,89

Järkamise operatsiooni teise mõõtmispäeva mõõtetulemuste 95 % usaldusintervall lõikel 1 on 1,41 s, teisel lõikel 1,24 s, materjali pakki asetamisel 0,89 s, lippide asetamisel 1,26 s, ühel järkamise operatsioonil 2,21 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 0,39 min (tabel 20). Teise mõõtmispäeva 95 % alumine usalduspiir lõikel 1 on 13,55 s, teisel lõikel 14,98 s, materjali pakki asetamisel 12,69 s, lippide asetamisel 18,41 s, ühel järkamise operatsioonil 42,56 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 8,11 min. Mõõtetulemuste 95 % ülemine usalduspiir lõikel 1 on 16,37 s, teisel lõikel 17,46 s, materjali pakki asetamisel 14,47 s, lippide asetamisel 20,94 s, ühel järkamise operatsioonil 46,97 s ja kümnel järjestikkusel järkamise operatsioonil 8,89 min.



Joonis 52. Järkamissaega ühe materjalikoguse töötlemiseks kuluv aeg.

Ühe materjalikoguse järkamine algas, kui järkajad olid võtnud materjali kätte ja lõppes, kui materjalikogus on järgatud ning asetatud pakki. Järkamissaega opereerimise esimese mõõtmispäeva tulemuste aritmeetilise keskmisena kulus ühe materjalikoguse töötlemiseks 38,6 sekundit ja teisel päeval 44,8 sekundit (joonis 52). Mõlema päeva kokkuvõttel oli ühe materjalikoguse järkamise keskmiseks ajakuluks 41,7 sekundit. Eelnevate tegevuste ajakulu oli teisel päeval pikem, sest siis töödeldi korraga nelja materjali, kuid esimesel päeval kahte.



Joonis 53. Järkamissaega opereerimisel ühe materjalikoguse töötlemise ajaline jaotumine.

Ühe materjalikoguse esimese otsa lõikamine võtab aega keskmiselt 14,3 sekundit ja see moodustab kogu järkamise protsessist 34 %, järgmiseks tegevuseks on teise lõike tegemine, milleks kulub 14,9 sekundit ja see moodustab kogu ajast 36 % (joonis 53). Peale materjali pikkuse järkamist, tuleb materjal asetada pakki, selle tegevuse keskmine ajakulu on 12,6 sekundit ja ühtlasi moodustab kõige väiksema osa ühe materjalikoguse järkamisest ehk 30 %.

3.5.2 Järkamissae ühe vahetuse arvutatud tootlikkus

Mõõtmispäeval selgus, et järkamisse materjali etteveoks, äraveoks ja pakkide kiletamiseks kulub aega igapäevaselt ligikaudu 1,5 tundi ehk otseselt järkamiseks jääb 6,5 tundi. Mõõtetulemusel on teada, et kümne materjalikoguse järkamiseks kulub keskmiselt 8,2 minutit ehk ühe materjalikoguse järkamiseks kulub 0,82 min. Teisendades töötlemiseks olevad 6,5 tundi minutitesse, saame selleks 390 minutit. Töötlemiseks ettenähtud aega jagades saame teada, mitu järjestikkust materjalikogust on võimalik ühel tööpäeval järgata. Tehes arvutuse $390 / 0,82 = 475,6$ ehk 476. Järkamissae tootlikkuseks ühes tööpäevas on 476 materjalikoguse järkamist. Korraga töödeldakse mitut kuuseprussi, seetõttu on selle koguse nimetus materjalikogus.

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

4.1. Vaatlusperioodi keskmine

Vaatlustest ja analüüsidesaadud tulemuste järgi on võimalik määrata protsesside tootlikkused. Uurimuse tulemusel selgub, et raamsaekaatri vahetuse keskmiseks tootlikkuseks on 144 planku (780 jm) ja palkide maht 17,720 m³. Lintsaekaatri ühe vahetuse keskmiseks tootlikkuseks 129 planku (696 jm), mahuliselt on 18,815 m³ kuusepalki. Järelikult kahe saekaatri tootlikkus kokku ühes tööpäevas on 273 planku (1474 jm) ning mahuliselt töödeldakse 36,5 m³ 5,4 m kuusepalki. Seimri ühe tööpäeva tootlikkus on 576 planku (3110 jm), millest saab 8 kuivatipakki (31,7 m³) ja kuivatisse mahub 16 servatud materjalipakki, järelikult on vaja seimriga töötada kaks tööpäeva. Selleks, et oleks võimalik seimriga materjali servata kaks tööpäeva on vaja saekaatritega töötada neli tööpäeva. Nelikanthöövli +GF+ Brugg tunnitootlikkuseks on 100 tk/h ehk tööpäevas 800 tk (4320 jm). Nelikanthöövli Gubisch 170 BS 170/6 tunnitootlikkus 148 tk/h ehk tööpäevas 1184 tk (6393,6 jm). Kahe nelikanthöövli tootlikkus ühes tööpäevas on 1984 puitmaterjali. Järkamissae tööpäevane tootlikkus on 476 materjalikogust, ühel järkamisel sõltub materjalikogus puitmaterjali ristlõikest. Selleks, et võrrelda nelikanthöövlite ja järkamissae tootlikkusi, võtan ühe materjalikoorma tellimuse spetsifikatsiooni ja saan teada, mis oleks selle koorma hõõveldamise ja järkamise ajakulu.

Tabel 21. Materjali spetsifikatsioon ja hõõveldatavate materjalide kogus

Ristlõige, mm	Arv pakis, tk	Pakkide arv, tk	Materjali kokku, tk
40 x 60	324	3	972
60 x 60	216	2	432
60 x 80	168	1	168
60 x 100	132	2	264
60 x 120	108	2	216
60 x 160	84	2	168
Kokku	-	12	2220

Oletame, et tellimuse spetsifikatsioonis on materjal ristlõikega 40 x 60 mm, seda on ühes pakis 324 tk, neid pakke on kokku kolm, mis teeb selle materjali kogutükiarvuks 972 tk (tabel 21). Teise materjali ristlõikeks on 60 x 60 mm, mida on ühes pakis 216 tk, neid pakke on kokku kaks, mis teeb selle materjali tükiarvuks 432 tk. Kolmanda materjali ristlõikeks on 60 x 80 mm, seda on ühes pakis 168 tk, neid pakke on kokku üks ehk koguarv on 168 tk. Neljandaks ristlõikeks on 60 x 100 mm, mida on ühes pakis 132 tk, neid pakke on kokku kaks ehk kogutükiarv sellel materjalil on 264 tk. Viienda materjali ristlõikeks on 60 x 120 mm, neid on ühes pakis 108 tk, kuna neid on kokku kaks pakki, siis koguarvuks on 216 tk. Viimaseks ristlõikeks on 60 x 160 mm, mida on ühes pakis 84 tk ja kahes pakis kokku 168 tk. Kõikide materjalide koguarvuks on 2220 tk. Võttes arvesse, et kahe hõõvli ühe tööpäevaseks tootlikkuseks on 1984 tk, siis selle materjalikoorma hõõveldamiseks läheb 1,1 tööpäeva.

Tabel 22. Materjali spetsifikatsioon ja järkamiste kogus

Ristlõige, mm	Materjali kokku, tk	Korruga töödeldakse, tk	Järkamiste arv, tk
40 x 60	972	4	243
60 x 60	432	3	144
60 x 80	168	2	84
60 x 100	264	2	132
60 x 120	216	1	216
60 x 160	168	1	168
Kokku	2220	-	987

Spetsifikatsioonis olevaid materjale ristlõikega 40 x 60 mm on kokku 972 tk ja neid töödeldakse neljakaupa ehk kokku on 243 järkamist (tabel 22). Materjali ristlõikega 60 x 60 mm on kokku 432 tk, töödeldakse kolm materjali korruga ehk kokku tehakse 144 järkamist. Ristlõikega 60 x 80 mm on kokku 168 tk, neid töödeldakse kahekaupa ehk kokku on 84 järkamist. Materjali mõõtudega 60 x 100 mm on kokku 264 tk ja neid töödeldakse korruga kaks tükki ehk tehakse 132 järkamist. Materjali ristlõikega 60 x 120 mm on kokku 216 tk, neid töödeldakse ühekaupa ehk tehakse kokku 216 järkamist. Puitmaterjali mõõtudega 60 x 160 mm on kokku 168 tk ja neid töödeldakse samuti üksikult ehk tehakse 168 järkamist. Selleks, et kogu koorma jaoks olev materjal saaks järgatud tuleb teha kokku 987

järkamisprotseduuri. Võttes arvesse seda, et järkamise operatsiooni vahetuse tootlikkus on keskmiselt 476 materjalikogust, siis selle koorma järkamiseks kulub 2,1 tööpäeva.

4.2. Ettepanekud

Tehtud uuringus selgus, et kõige väiksema tootlikkusega on saekaatrid ning sellest teadmisest tulekski alustada. Selleks, et palkide lahkamine oleks suurema tootlikkusega, tuleks soetada nt uus lintsaekaater. Selle saekaatri ühe tööpäeva tootlikkus võiks olla suurem, kui kahe praegu olemasoleva saekaatri ühe vahetuse tootlikkus kokku.

Suurema tootlikkusega saekaatri jaoks oleks hea, kui palgid oleksid eelnevalt sorteeritud sorteerimisliinil, sellisel juhul saab lintsaega palki lahata järjest võimalikult sarnaste saekavade alusel. Palkide jaoks võiks olla transportöörid, millega saab operaator estakaadidelt uue palgi lintsaale ette transportida. Transportööri olemasolul ei peaks operaator või mõni teine töötaja lintsaega opereerimiseks palki valmis tooma.

Palki lahates peaks palgist saadav materjal saama koheselt sorteeritud võimalikult vähese inimjõu abil. Selleks võiks olla lintsaal tõukur, mis tõukab palgist saadud pindmaterjali rullkonveierile ja seal oleks mehhanism, mis liigutaks pindmaterjali kogumiskohta. Palgist saadava servamata laua liigutaks lintsaetõukur rullkonveierile, sellel liiguks laud seimri juurde, kus operaator ja abitöötaja paigutaks selle laua transpordikärule. Palki lahates saadavad plangud tõukaks lintsaetõukur samuti rullkonveierile ja sealt liiguks plank otse seimrisse, kus operaator saab selle ära servata.

Plankusid servates saavad materjalipakid aeg-ajalt täis, sellisel juhul tuleb need kahe seimri töötaja poolt kinnitada ja tõstukiga eemaldada, et töö saaks jätkuda. Samal ajal saetakse lintsaega edasi ja tekib servamata laudasid ja plankusid juurde. Selleks juhuks võiks olla seimri lähedal rullkonveieri kõrval plankude jaoks lisaruum nende hetkeliseks hoiustamiseks. Seimri operaator ja üks abitöötaja saavad need plangud suunata sellesse

kohta ja samas saavad ka servamata lauad paigutada transpordikärule. Kui materjali transpordikärud on taas tühjad, saab operaator võtta plangud eelnevalt suunatud hoiustamiskohalt ja jätkata tööd. Lintsae Serra Mammot L12 peaks jätma siiski alles, sest aeg-ajalt peab tegema uuemale lintsaele hooldust ja selleks ajaks saab selle saekaatriga plankusid juurde saagida. Seetõttu peaks seimri juurde siiski jätma võimaluse ka selle lintsaele saetud plankude servamiseks.

Hööveldamisel võiks olla höövlite juures sellised alused, mille kõrgust saab muuta. Seda just selleks, et kui materjali jääb vähemaks, tuleb neid võtta väga madalalt ja on selga kurnav. Sellised alused võiksid olla ka järkamissae juures, nii järkamata, kui ka järgatud materjali jaoks. Reguleeritava kõrgusega materjalialused ei pruugi tõsta küll oluliselt tootlikkust, kuid teeks töötajate töö kergemaks ja meeldivamaks.

Nelikanthöövli Gubisch 170 BS 170/6 materjali väljumisava juurest võiks olla rull-tee, mis on kuni järkamissaeni. Selliselt saab hööveldatud materjal liikuda otse järkamissae juurde, kus oleks kaks töötajat, kes järkaksid hööveldatud materjali kohe ka õigesse pikkusesse. See rull-tee peaks olema ka teisaldatav, sest teise höövli juurest tuleva materjali järkamiseks tuleb see materjal tõstukiga ette tõsta nii nagu, ka praegult. Juhul, kui Gubischi höövliga tehakse tööd, peab saama abitöötaja paigutada selle materjali väljumisavast vasakule. Järkamissae ja Gubischi vaheline rull-tee saab kasutada siis, kui teise höövliga töödeldud materjali ei pea järkama.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärk oli vaadelda tehnoloogilisi operatsioone, kirjeldada nende operatsioonide erinevaid etappe ning välja selgitada tehnoloogiliste operatsioonide tootlikkus puidutööstusettevõttes Nelta Trade OÜ. Analüüsi tulemustele ja vaatlustele põhinedes pakkuda välja lahendusi, mis võiksid tootmisprotsessi kiirendada ning millest võiks innovatsiooni alustada.

Kronomeetrilised mõõtmised sooritati kahel tööpäeval lintsakaatrite, seimrile, järkamissaele ja kahele nelikanthöövlile. Lisaks mõõtmistele teostati ka raamsakaatrite, lintsakaatrite ja seimrile varasema dokumentatsiooni alusel tootlikkuse analüüs. Tulemustest selgus, et ettevõttes kasutatava raamsakaatri ühe tööpäeva tootlikkuseks on 144 planku (780 jm) ja palkide maht $17,720 \text{ m}^3$. Lintsakaatri tootlikkuseks 129 planku (696 jm), mahuliselt on $18,815 \text{ m}^3$ kuusepalki. Järelikult kahe saekaatri tootlikkus kokku ühes tööpäevas on 273 planku (1474 jm) ja mahuliselt $36,5 \text{ m}^3$ kuusepalki. Seimri ühe tööpäeva tootlikkus on 576 planku (3110 jm), millest saab 8 kuivatipakki ($31,7 \text{ m}^3$) ja kuivatisse mahub 16 servatud materjalipakki, järelikult on vaja kuivati täis saamiseks töötada seimriga kaks tööpäeva. Selleks, et oleks võimalik seimriga materjali servata kaks tööpäeva on vaja saekaatritega töötada neli tööpäeva. Hetkel töötab saekaatritega 5 töötajat ja seimris 4 töötajat. Võttes kasutusele uuema lintsakaatri, mille tööpäevane tootlikkus oleks nt 50 - 70 m^3 siis saaksid seimri töötajad töötada normaalse tempoga ja kuivati saaks täis umbes kahe kuni kolme tööpäevaga. Selliselt peaks töötama saekaatri ja seimri peale kokku 5 töötajat. Uue lintsaga liigub rullkonveieri abil servamata materjal seimrini. Hetkel peab seimri operaator jõuõla meetodit kasutades saama servamata plangud seimri rull-teele, kuid uuendusega ei peaks enam operaator kasutama nii palju füüsilist jõudu. Juhuks, kui servatud materjalipakid saavad valmis ja neid eemaldatakse tööalalt ning lintsaga töötab edasi, siis operaator ja abitöötaja saavad saekaatrist tulevad materjalid paigutada hoiustamiskohta. Uuesti tööd alustades saab operaator võtta servamata plangud ja jätkata tööd.

Ühe nelikanthöövli päevane tootlikkus on 800 tk (4320 jm) ja teisel 1184 tk (6393,6 jm), kokku 1984 tk (10713,6 jm). Järkamise operatsiooni ühe tööpäevane tootlikkus on 476 järkamise operatsiooni, järkamisel sõltuvad korraga töödeldavad materjalikogused ristlõikest. Teostatud näitekoorma põhjal kulub ühe koorma hõõveldamiseks 1,1 tööpäeva ja järkamiseks 2,1 tööpäeva. Hõõveldamise ja järkamise protsessi ei ole vaja kiirendada, kuid see võiks olla veidi mugavam. Järkamissae ja höövli (Gubisch) vahele võiks paigutada rull-tee, millel hõõveldatud materjal saab liikuda otse järkamisse, kus kaks töötajat materjali ka koheselt ära järkaksid. Juhuks, kui teise höövli materjali on vaja järgata, siis peab töötamist jätkama praegusel viisil, järelikult peab olema rull-tee eemaldatav, et Gubischiga saaks tööd jätkata. Mõlema nelikanthöövli juures võiks olla töötlemata materjali jaoks materjalialus, mille kõrgus on reguleeritav vastavalt materjalikogusele. Selliselt ei peaks operaatorid enam nii palju kummarduma ja töö oleks füüsiliselt kergem. Samasugused materjalialused võiksid olla ka järkamissae juures. Kõrguse reguleerimine vastavalt materjali kogusele aitab läbi tööpäeva kergendada töötajate tööd. See investeering ei pruugi kaasa tuua küll suuremat tootlikkust, kuid muudaks töötamise mugavamaks.

KASUTATUD KIRJANDUS

Eesti Metsa- ja Puidutööstuse liit. Metsa- ja puidutööstus 2019 lühiülevaade. [WWW] https://empl.ee/wp-content/uploads/2020/06/2019-metsa-ja-puidut%C3%B6%C3%B6stus-numbrites_uuendatud.pdf (29.12.2020)

Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus. VKE määratlemine. [WWW] https://www.eas.ee/wp-content/uploads/2015/12/VKE_definitsiooni_selgitus_-_EK_mrus_651-2014_alusel_-_2015.pdf (29.12.2020)

Eesti metsa- ja puidutööstuse sektoruuring 2012. (2013). Tartu. / Toim. M. Tiits. [WWW] https://www.eas.ee/images/doc/sihtasutusest/uuringud/ettevotlus/Eesti_metsa_ja_puidutoostuse_sektoruuring_2012.pdf (29.12.2020)

Krediidiraportid. Nelta Trade OÜ. [WWW] <https://krediidiraportid.ee/nelta-trade-ou> (12.01.2021).

Maa-amet. Maainfo kaardirakendus. [WWW] https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=UU82A&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1312&HEIGHT=1475&zlevel=10,681036.06101563,6434823.701875 (12.01.2021).

Puidutöötlemise alused II osa: Puidutöötlemine. (1990). /Koost. A. Välja. Toim. S. Lember. Tartu. EPMÜ rotaprint. 71 lk

Puidutöötlemine I. (1998). /Koost. J. Pikk. Tartu: Eesti Põllumajandusülikooli Metsandusteaduskond. 178 lk.

Puidutöötlemine II. (2001). /Koost. J. Pikk. Tartu: Eesti Põllumajandusülikooli Metsandusteaduskond. 163 lk.

Pilšikov, A. (1989). Puidutöötluspingid. (2.tr.). Tallinn: Valgus. 136 lk.

Reiska, R., Meier, P. (2008). Puidu kuivatamine. Tallinn: TTÜ Kirjastus. 116 lk.

Relve, H. (2007). Puude juurde: Puud ja põõsad looduses, pärimustes ja nüüdses kasutuses. (II). Tartu: Eesti Loodusfoto. 215 lk.

Saarman, E., Veibri, U. (2006). Puiduteadus. Tartu: Eesti Metsaselts. 560 lk.

Šumigin, D. Saetööstuse tehnoloogia. Tallinna Tehnikaülikool. 67 lk.

Thomassen, T. (1999) Puidu kuivatamine: praktiline käsiraamat. Tallinn: Metsaamet. 116 lk.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Eduard Paulson,

sünniaeg 19.12.1996

1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

„Tehnoloogiliste operatsioonide tootlikkuse analüüs puidutööstusettevõttes Nelta Trade OÜ“,

mille juhendaja on Linnar Pärn,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega

isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu, 26.05.2021

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)